

# 第5話 河川水文学



近藤昭彦@環境リモートセンシング研究センター

# 河川水文学

- 人と河川
  - ー川と人の分断
- 河川調査
  - ー流量の観測方法
  - ーハイドログラフと流況曲線
  - ー河川の流況は何で決まるか
- 流出解析
  - ー合理式
  - ー単位図法
  - ー貯留関数法
  - ータンクモデル
  - ー分布型流出モデル
- 治水と利水
  - ー利根川の利水
- 地球温暖化と洪水

河川工学  
水工学  
災害科学(水害)  
河川地形学  
環境社会学  
・  
・



# ○人と河川 一川と人の分断

## 技術の三段階分類(大熊孝)

[第一類]  
技術が作られる過程に即して見る

- ① 思想的段階
- ② 普遍的認識の段階
- ③ 手段的段階



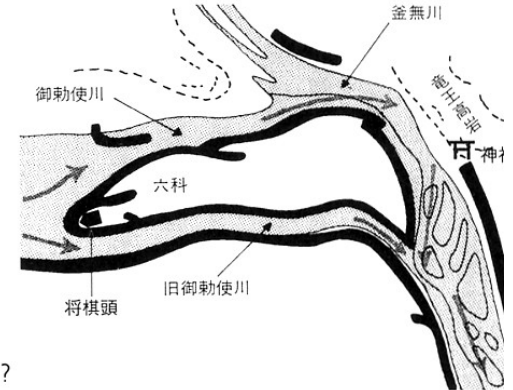
[第二類]  
技術を担い手から見る

- ① 私的段階
- ② 共同体的段階
- ③ 公共的段階

小技術  
中技術  
大技術

### 第一類 技術の展開過程における分類

- ① 思想的段階 Idea
- ② 普遍的認識の段階 Scientific Cognition
- ③ 手段的段階 Means



甲府・釜無川  
信玄堤の技術とは？

図4-1 河川技術の三段階(分類の「第一類」)

出所：図は高橋裕ほか著『日本土木技術の歴史』地人書館、196頁の図をもとに作図

### 第二類 技術の担い手による分類

- ① 私的段階 小技術 Individual Action
- ② 共同体的段階 中技術 Community Action
- ③ 公共的段階 大技術 Public Action  
(単品生産・不可逆的・画一的・大資金)

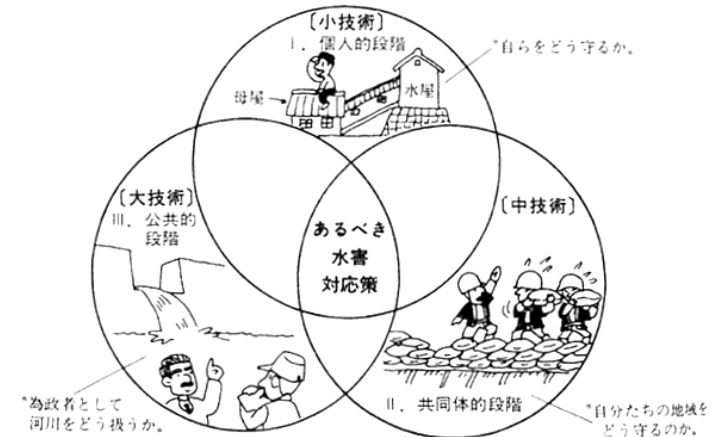
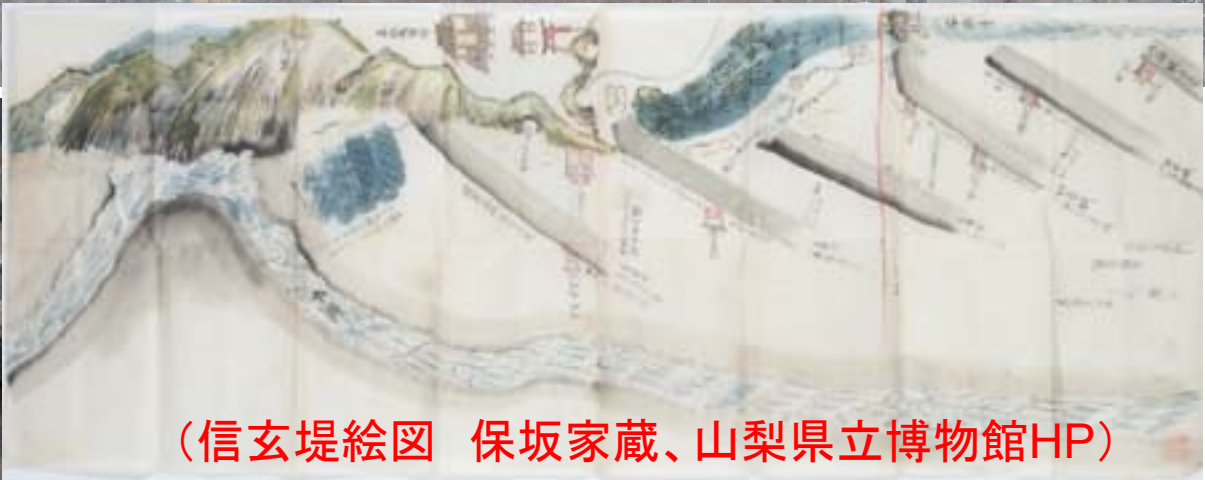
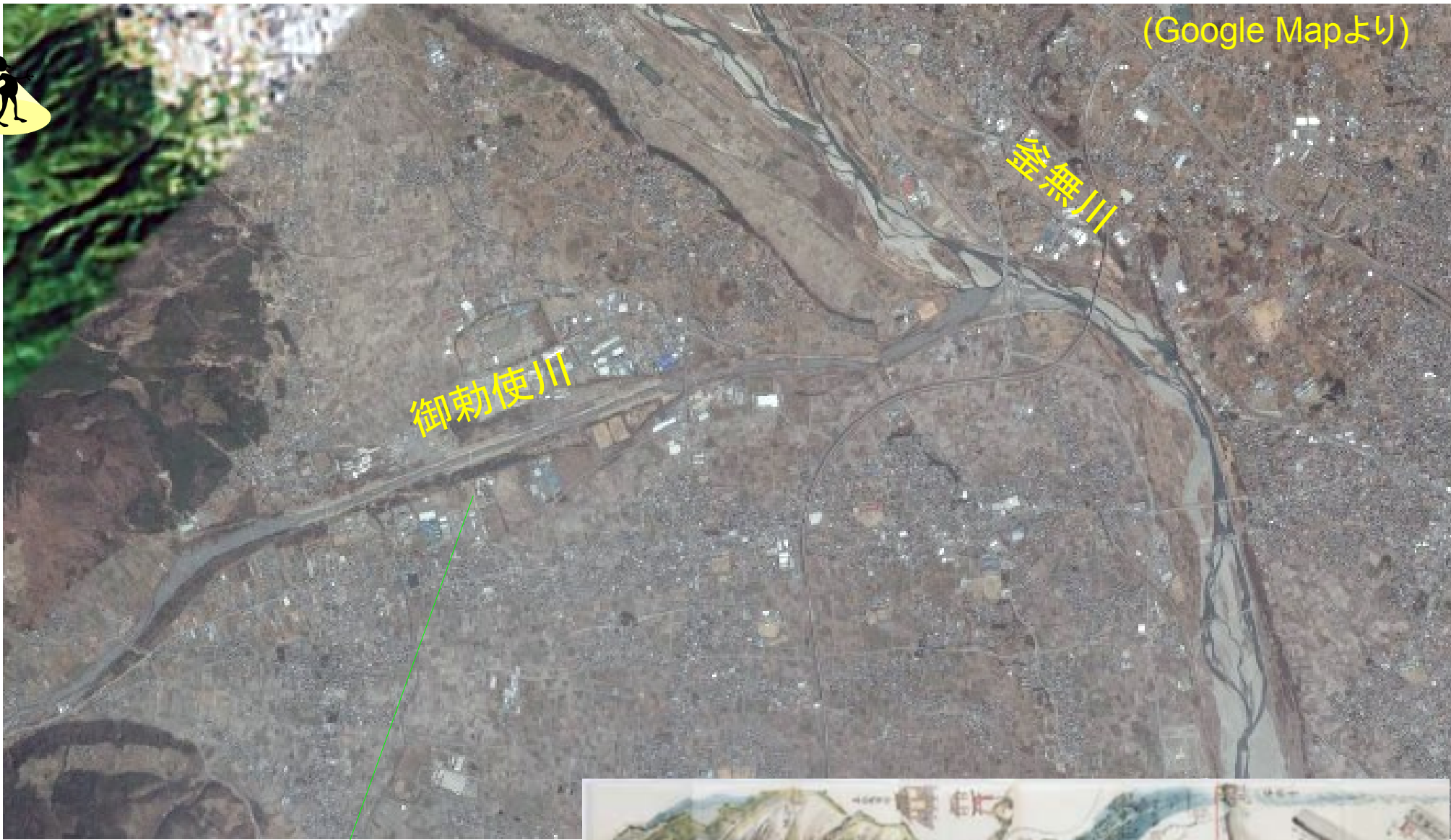


図4-2 河川技術の三段階(分類の「第二類」)

(Google Mapより)



# 釜無川と御勅使川



(信玄堤絵図 保坂家蔵、山梨県立博物館HP)



釜無川の流れを高岩へ導く

御勅使川の流れを高岩に導く

河道の付け替え

御勅使川の流れを集める

蕪崎市

双葉町

高岩

御勅使川

前御勅使川

八田村

将棋頭

水防林

水防林

水防林

白根町

御勅使川扇状地

合

付



旧竜王町  
信玄堤公園  
霞堤の名残

聖牛：水制、洪水の勢いを弱める



(Google Earthより引用)

# ○人と河川 一川と人の分断

## 技術の三段階分類(大熊孝)

### [第一類]

技術が作られる過程に即して見る

- ① 思想的段階
- ② 普遍的認識の段階
- ③ 手段的段階



### [第二類]

技術を担い手から見る

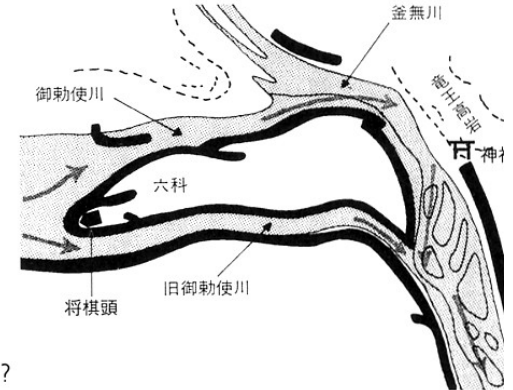
- ① 私的段階
- ② 共同体的段階
- ③ 公共的段階

人と川の分断

小技術  
中技術  
大技術

### 第一類 技術の展開過程における分類

- ① 思想的段階 Idea
- ② 普遍的認識の段階 Scientific Cognition
- ③ 手段的段階 Means



甲府・釜無川  
信玄堤の技術とは？

図4-1 河川技術の三段階(分類の「第一類」)

出所：図は高橋裕ほか著『日本土木技術の歴史』地人書館、196頁の図をもとに作図

### 第二類 技術の担い手による分類

- ① 私的段階 小技術 Individual Action
- ② 共同体的段階 中技術 Community Action
- ③ 公共的段階 大技術 Public Action  
(単品生産・不可逆的・画一的・大資金)

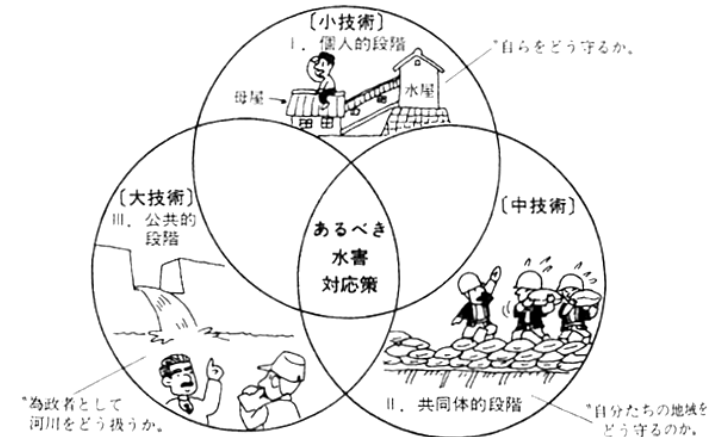


図4-2 河川技術の三段階(分類の「第二類」)

# 伝統的氾濫受容型治水策

## ① 氾濫水は緩やかに溢れさせる

### 水害防備林の卓抜な機能

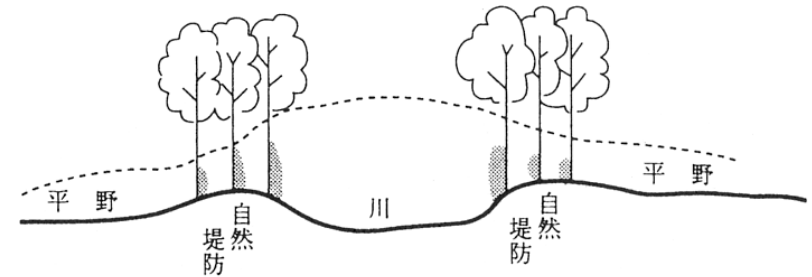


図7-2 水害防備林の作用概念図

「洪水が水害防備林をとおして平野にはらんすると、川の水位は高く、平野の水位は低くなる。水害防備林のところは自然堤防ができやすく、また大洪水のときには木や板やごみがひっかかり、垣のようになる」(原文注)

出所, [10] 61頁

## ② 氾濫した水は河道に戻す

### 霞堤の本当の機能

# 氾濫受容型治水から 河道主義治水へ

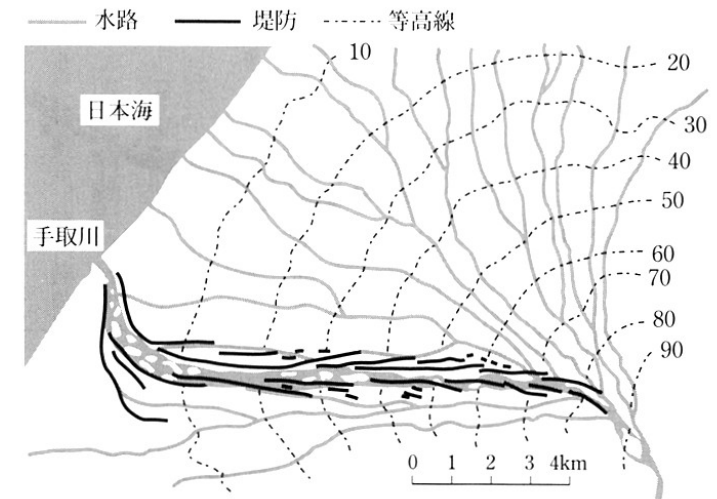


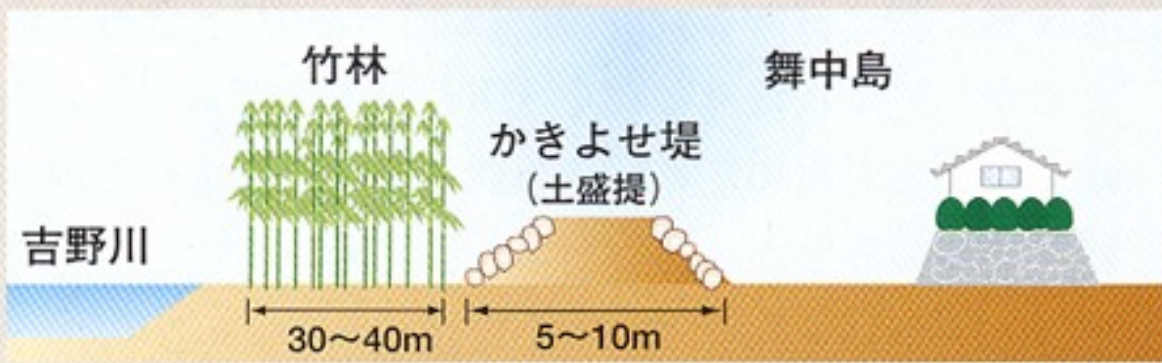
図8-1 手取川の扇状地と霞堤

出所, 「明治42年測図5万分の1地形図」をもとに作成

水は一滴たりとも都市には入れぬことが治水か？



## 水害防備竹林の概念図(徳島県穴吹町舞中島)



**水害防備竹林** 昔から水害の多い吉野川だが、藩政時代から財政上、すべての川岸に堤防を造ることができなかった。地域住民は自衛手段として竹を植え始めたという

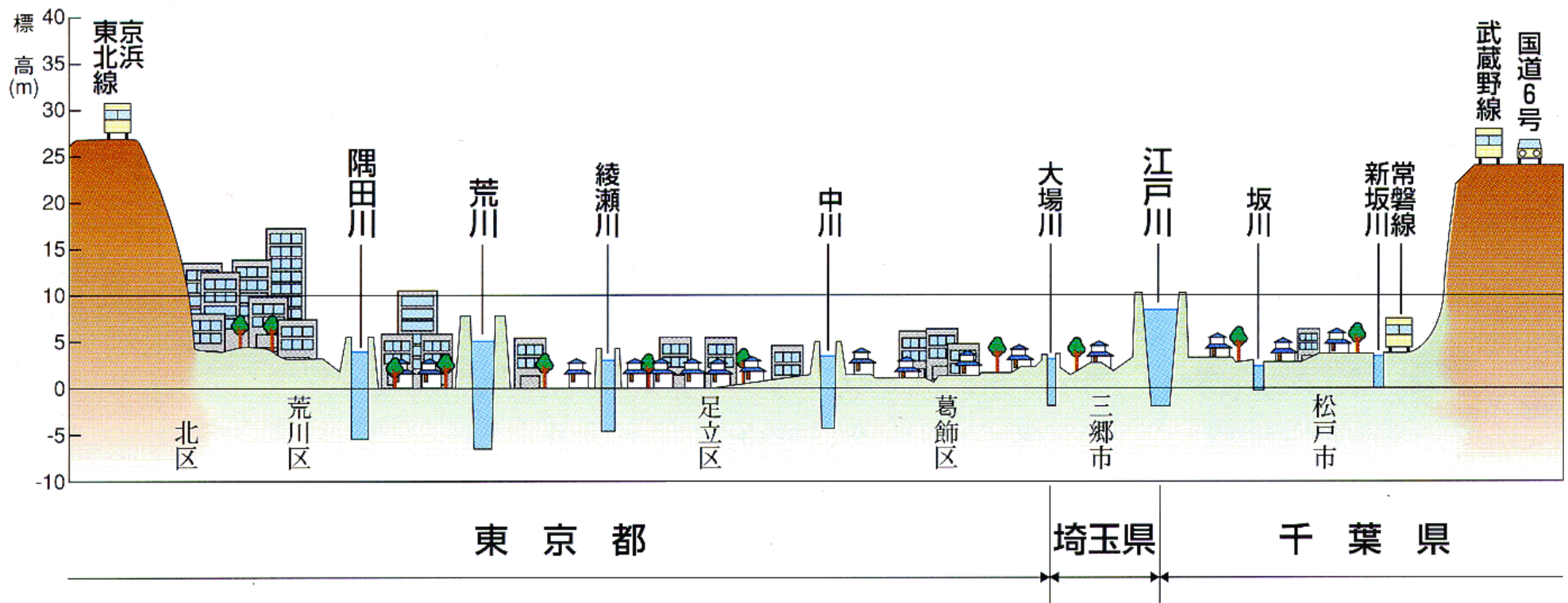
## 日本における西洋式治水工法の導入

### *Introduction of western style flood control scheme*

- 明治29、30年 治水三法 **河川法**、**砂防法**、**森林法** 成立  
*1896, 1897 River Law, Sabo Law, Forest Law*

- 治水に対する工学的適応の開始  
*Start of engineering adaptation for flood control*

- 東京と江戸川・荒川・隅田川 (A-A'断面) (国土交通省ホームページより)



# 1974年多摩川水害



東京放送のテレビドラマ「岸辺のアルバム」（山田太一が原作・脚本）に洪水シーンが利用された。



- その後の、訴訟で国が敗訴
- 行政に住民の生命と財産を守る義務

- 水需要量の減少
- 環境の重視

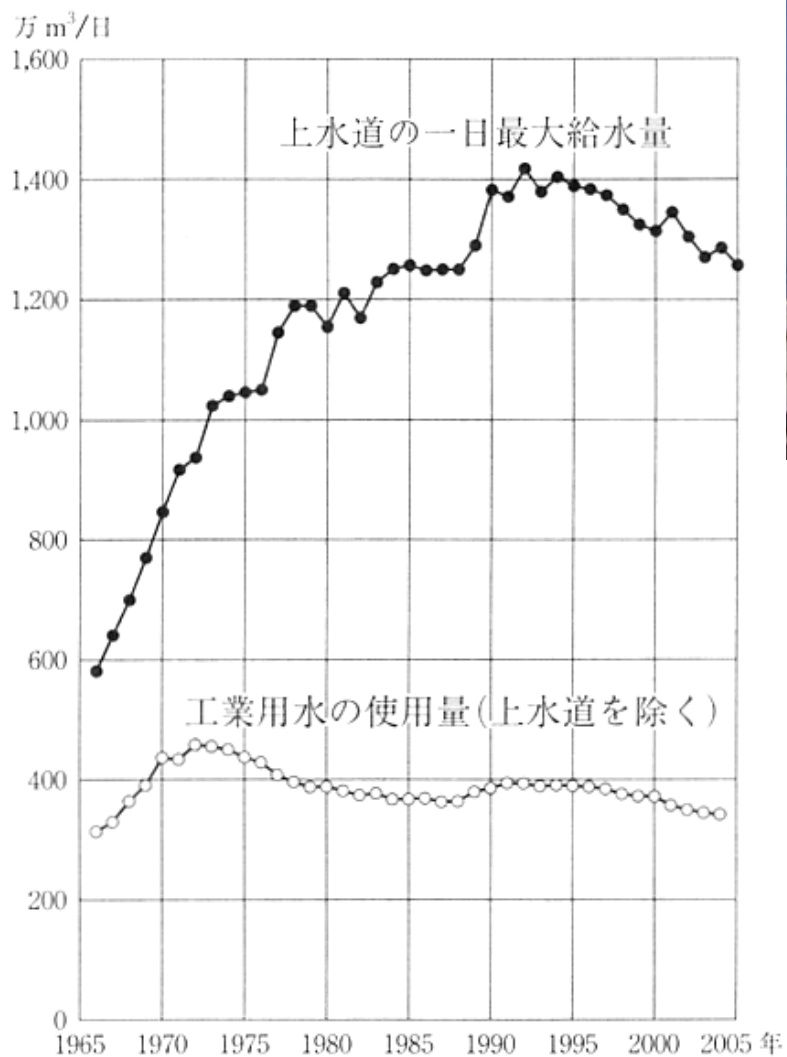


図 3-1 利根川流域の都市用水の動向  
(6 都県の合計)

(岩波ブックレット、「首都圏の水があぶない」、大熊ほか)

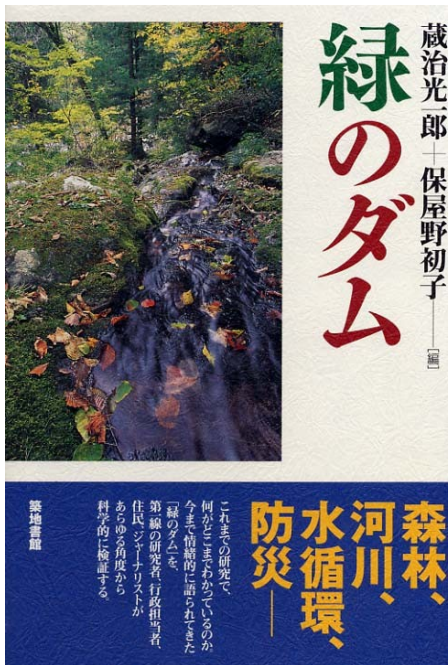


長良川河口堰



吉野川第十堰





(築地書館、2004)

# 「緑のダム」としての機能

脱ダム宣言

森林があればダムは要らないのか？

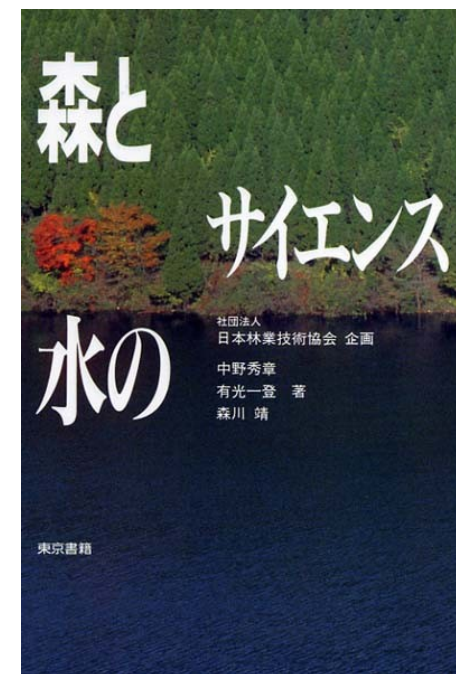
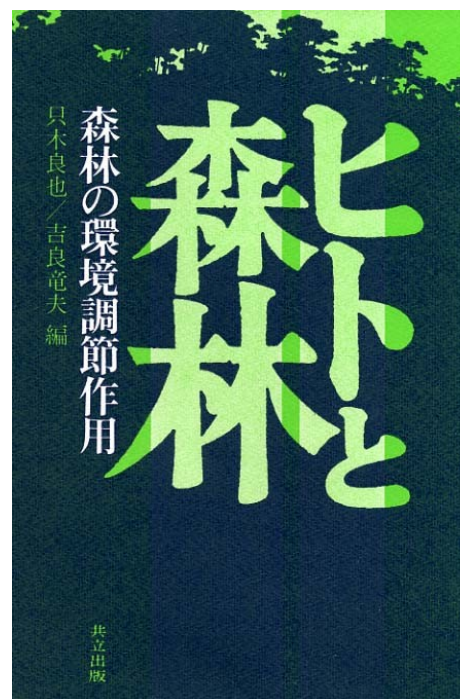
針葉樹より広葉樹の方が良いのか！？

政治的、情緒的議論

## 森林の環境調節作用

- 気候緩和作用
- 理水作用
- 水質保全作用
- 汚染物浄化作用
- 防災作用
- 保健的作用

(只木・吉良編「ヒトと森林」共立出版、1982)



(社)日本林業技術協会企画  
東京書籍、1989

## 水防法改正までの流れ

### 河川法改正

#### ●1997年河川法改正

河川事業における環境への配慮、地域住民の意向を十分くみ取ることを明記

#### ●1998年利根川、那珂川、阿武隈川洪水

#### ●2000年9月東海豪雨災害

#### ●2001年水防法改正

情報システムのあり方、水害ハザードマップの作成と公開が地方自治体に義務づけられた

### 水防法改正

## 旧法制度

●「お上任せ」、被災した場合はクレームや訴訟！？

## 新法制度

●自己責任の世界、環境を重視して地域の意向を十分くみ取った場合は、水害リスクを負う必要

●環境を重視して、大規模施設による「洪水リスクコントロール」を放棄する場合は、そのリスクを軽減する智慧を地域ぐるみで出していく必要

●住民の移転、保険に加入

2000年9月11、12日東海豪雨

もう、工学的  
適応では支  
えきれない

新川堤防決  
壊箇所



西枇杷島駅と新幹線

**名古屋が水没！**

空中写真：(株)アジア航測

新川堤防決壊地点ステレオ写真 氾濫した水が川に逆流している

(c)Asia Air Survey co., Ltd.

人と川の関係はどうだったか



Image © 2009 Digital Earth Technology  
Image © 2009 DigitalGlobe  
© 2009 Geocentre Consulting  
© 2009 ZENRIN

Google™





# JR東日本、不正取水で信濃川の水利権を失う

Jr東日本が取水データを改ざんし、大量の水を信濃川から不正に抜き取っていた問題で、国土交通省北陸地方整備局は13日、JR東・信濃川発電所の取水許可を取り消すと発表した。再許可の時期は未定。(Asahi.com 2月13日)

関連性

山手線を始め首都圏の電車を走らせる電力として利用

↓  
取水停止で信濃川に流量が戻る

東京大都市圏の機能 ↔ 信濃川の河川環境



写真12-4 信濃川・十日町付近の昔の状況 (1957年撮影)  
(提供：新潟県十日町市博物館)

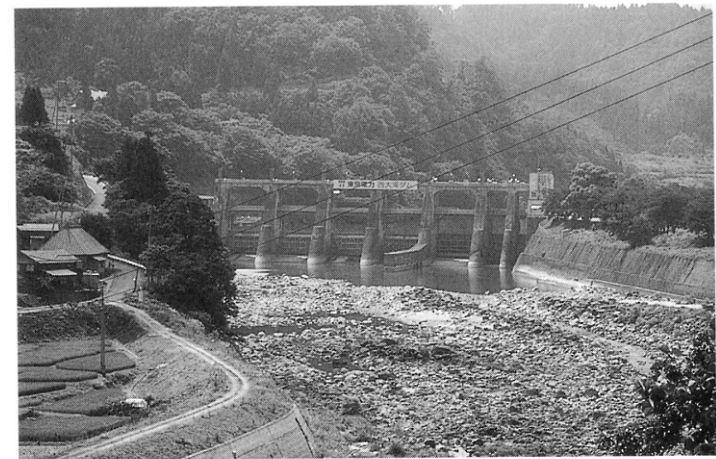


写真12-3 西大滝ダムとその下流の状況

(撮影：大熊)

(大熊孝、2004)

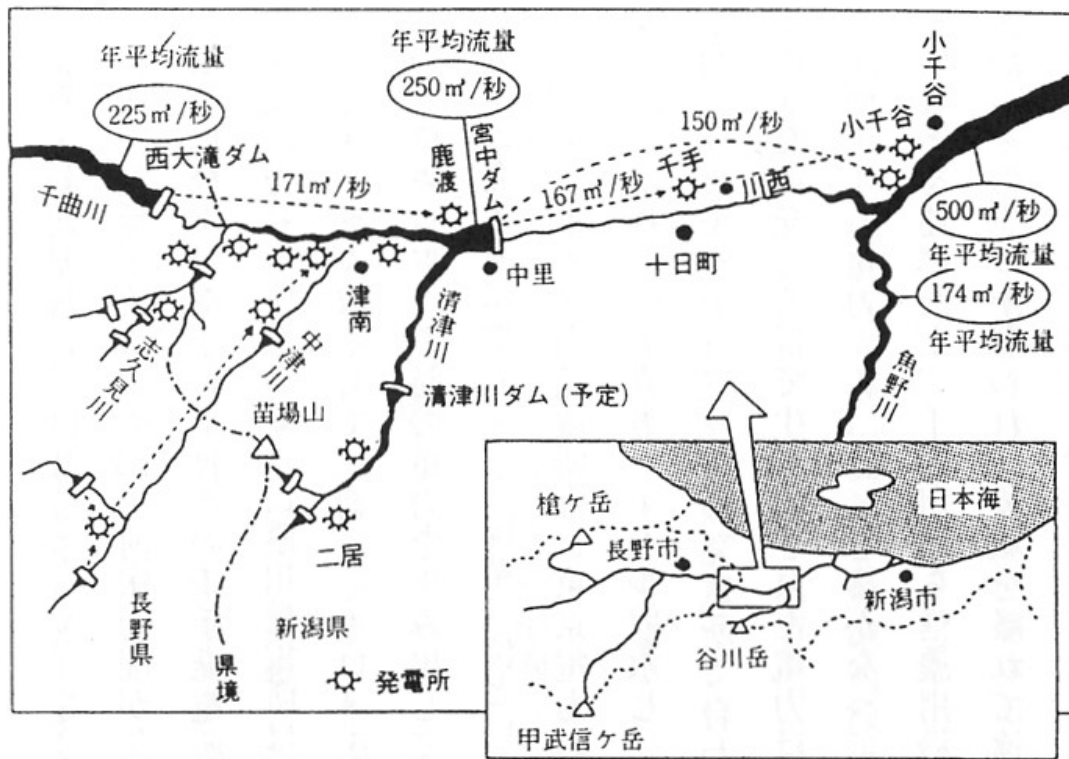


図12-2 信濃川中流部の水力発電のしくみ

出所、「信濃川水力発電開発」のパンフレットの図をもとに作成

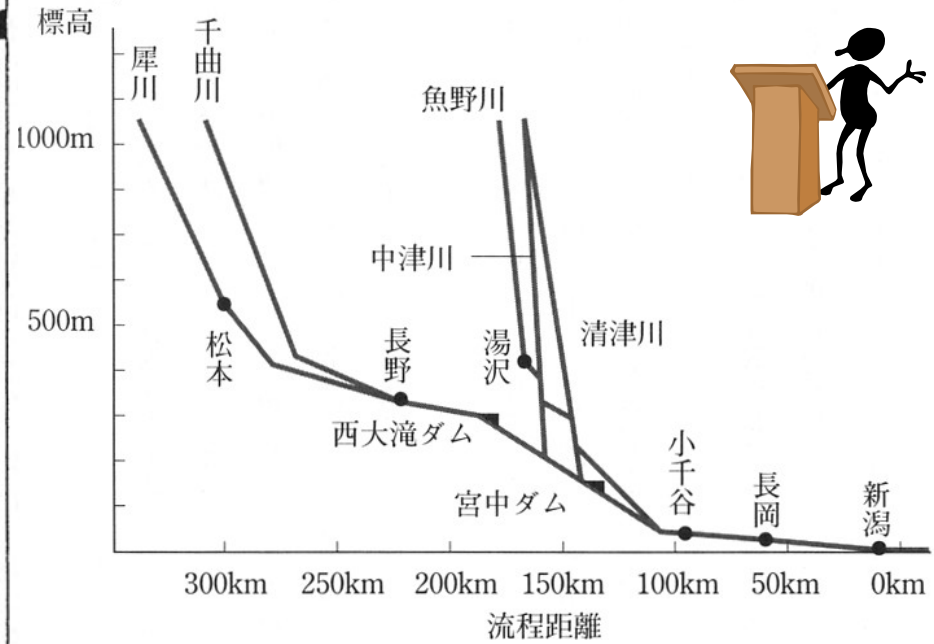


図12-3 信濃川の中流部縦断勾配と西大滝ダム・宮中ダムの位置概念図

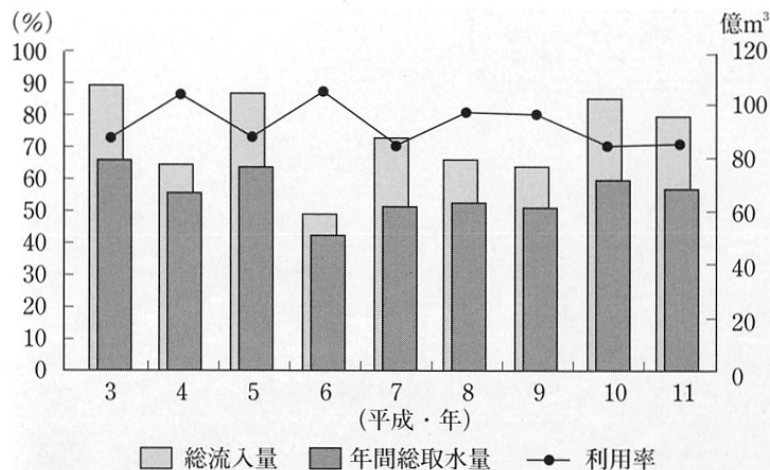


図12-4 宮中ダムにおける年総流量と総取水量，及びその年利用率 (実績)

(作成：香野哲大)

**信濃川中流部の約60kmの区間にはほとんど水がなく、川の機能は失われていた**

**鮭を放流しても、ほとんど戻らず、2002年以降は放流も中止になった**

**しかし、取水停止により、水が戻った！**

**人と川の関わりにどんな変化が起きるか？**

**地方の水が都会のために使われていた！**

# 千曲川 65年ぶりサケ遡上

長野県上田市の千曲川で20日午前5時20分ごろ、アユ用のやなにサケがかかっているのが見つかった。地元漁協によると、サケの遡上が確認されたのは65年ぶり。下流の信濃川中流域では2年前、JR東日本の発電ダムの取水量をめぐると不正が発覚し、国が水利権を取り消したことなどから、以前よりも水量が増え、川が本来の自然を取り戻しつつあった。

日本海に注ぐ信濃川水系は全長367キロの国内最長の大河。上流の長野県では千曲川と呼ばれている。サケは体長65センチ、重さ1・6キロのメス。河口から253キロの地点で、上田市でやなを経営する中山泉さん(67)が見つけた。中山さんは「やなをやって3代目だが、サケを見るのは初めて。びっくりした」と話した。

## 下流ダムの不正発覚、水量増える

長野県民にとって、かつて、塩引きのサケは冬季の貴重な食料だった。戦前は国内有数の「サケ漁獲県」で、昭和初期には60〜70トンの漁獲高があった。しかし、信濃川中流域にJR東日本と東京電力の発電ダムが建設されると、大量取水で水量が減り、サケ漁は終戦直後の26キロを最後に壊滅した。



やなにかかったサケを手にする中山泉さん。20日午前8時15分、長野県上田市

ところが08年秋、JR東日本がダムの取水量を少なく見せるように改ざんした不正プログラムを組み込んでいたことが発覚。国土交通省が09年3月に同社の水利権を取り消したことで川に一時的に水量が戻った。JR東は今年4月に水利権を再申請し、同省は暫定的に取水を認めたが、それまで最低毎秒7トしか流していなかった下流に、今後5年間は毎秒40〜100トの水を流し、自然環境への影響を調べることになっている。

信濃川中流域の問題に詳しい新潟大の大熊孝・名誉教授(河川工学)は「長野県にとってサケの遡上は悲願。こんなに早くサケの遡上に影響を与えようとは思っていません。自然の持つ力のすごさに驚いている」と話している。

(三浦英之、鈴木基顕)

その後の経過はJR東日本信濃川発電所プレスリリースをチェックしてみよう。

ひとというものは経験から  
学んでいくもの  
そうありたい。 . . . .



(朝日新聞)

# 人と河川の関係の修復

## 岩塚小学校校歌2番

青田をうるおす川瀬の水も  
時にはあふれて里人たちの  
たわまぬ力を鍛えてくれる  
われらも進んで仕事にあたる  
心とからだを作ろう共に



(信濃川左支川渋海川頭首工)



**人口が減少し、成熟社会へ向  
かいつつある中で、新しい河  
川管理のあり方とは？**



# ○河川調査 一流量の観測方法一

河川における流量の直接計測は困難

ある地点の断面と流速を測って、この積を流量として知る方法

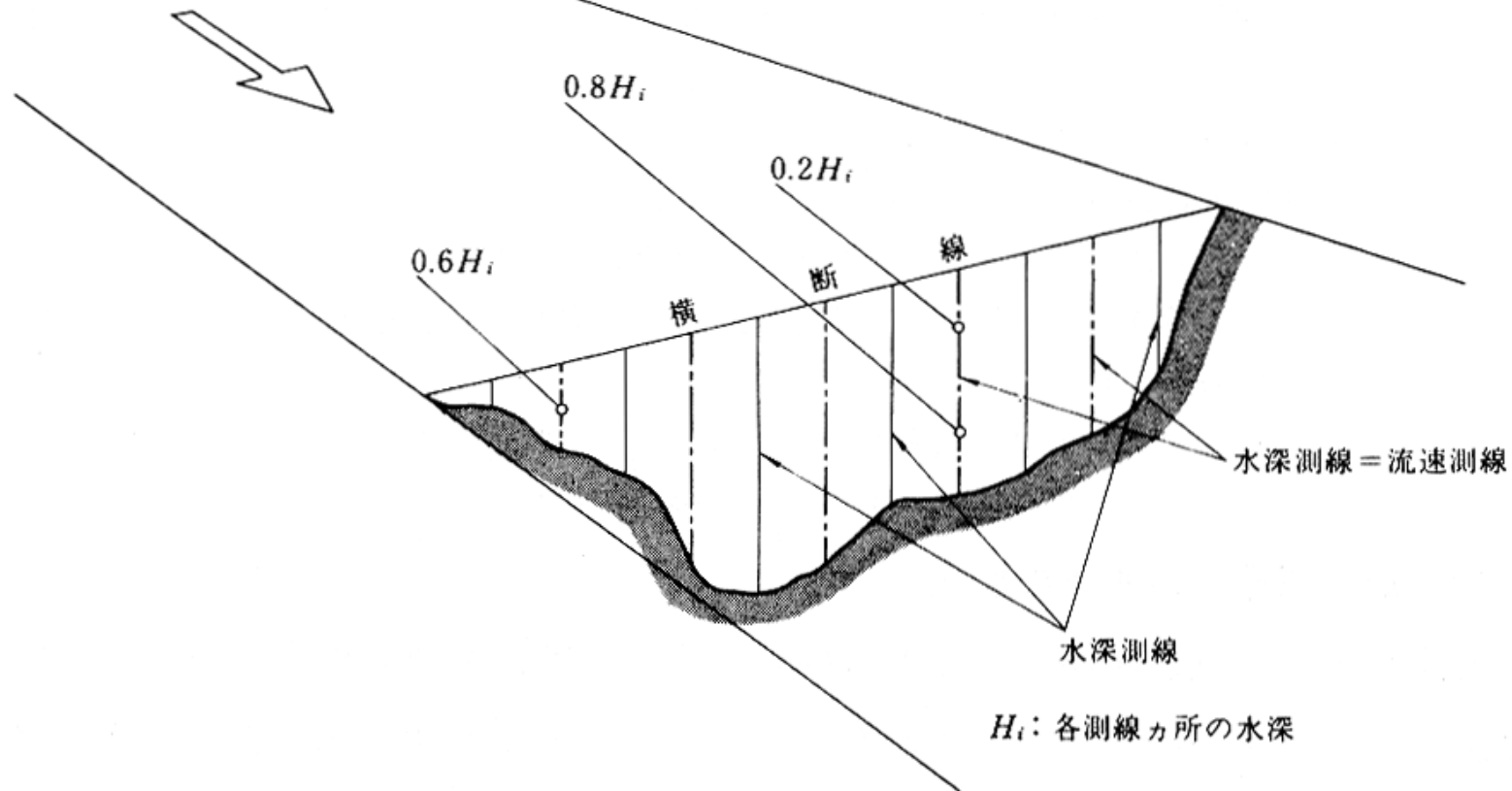


図4・3・5 水深測線と流速測線の配置

(建設省水文研究会著「水文観測」より)

# 水位の連続観測→流量の連続観測

## 水位流量曲線(HQカーブ)により水位を流量に変換

↑水位

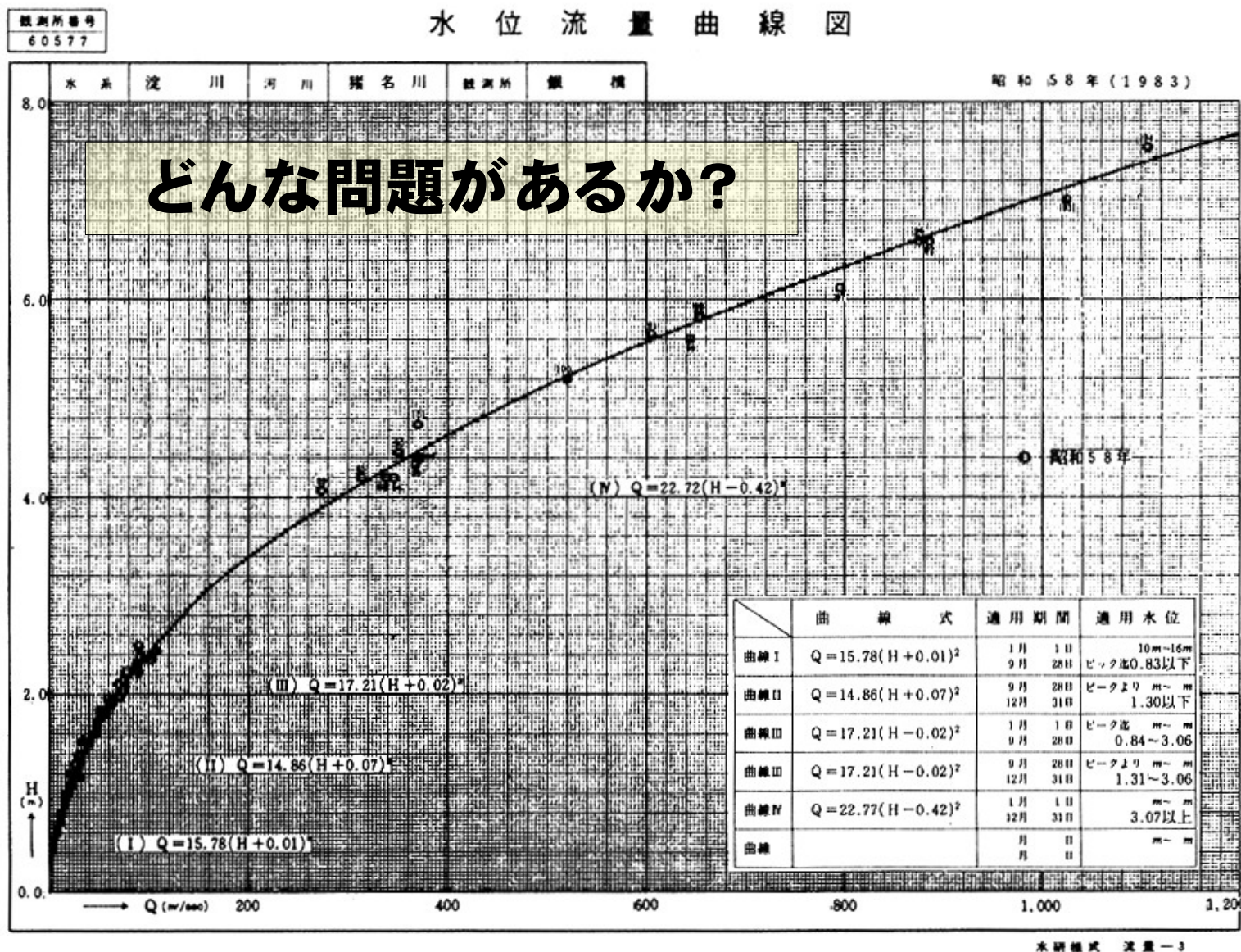


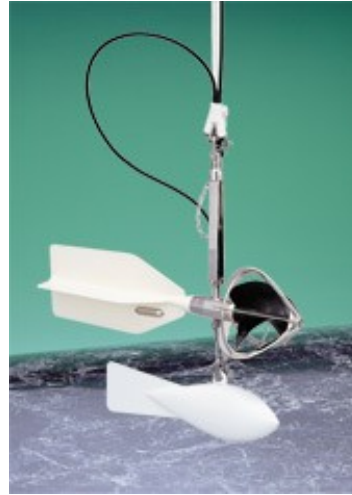
図4・8・1 水位流量曲線図 (高水) (猪名川工事事務所 銀橋観測所)

→流量

# 流速の計測方法

## ●流速計

- ・プロペラ式流速計
- ・電磁流速計
- ・その他



## ●浮子

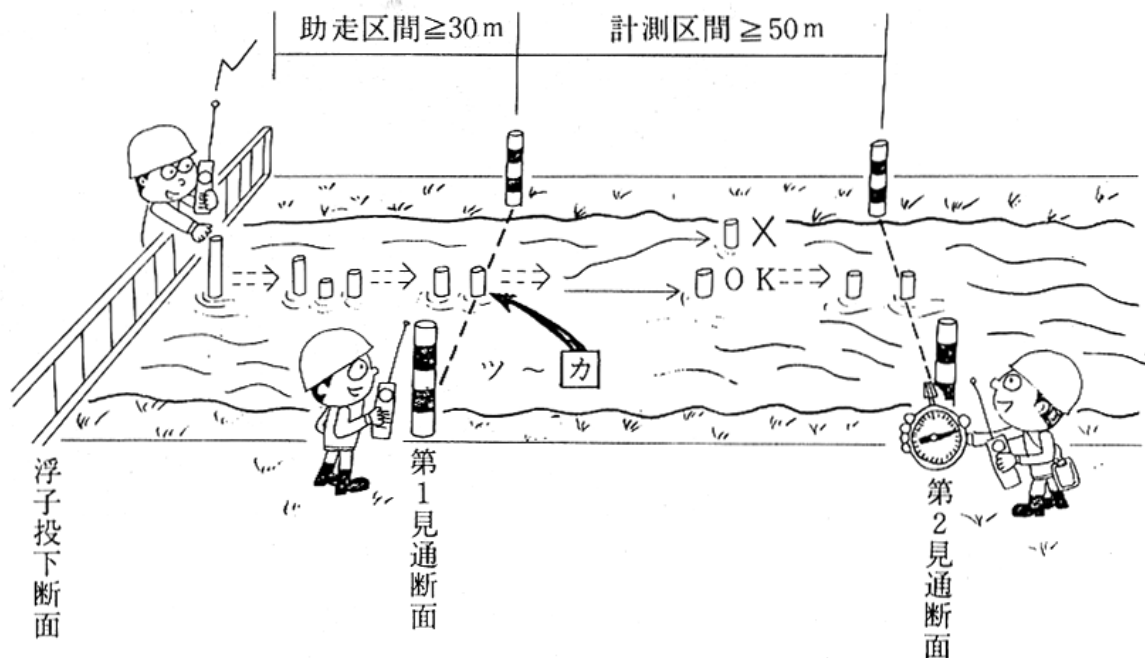


図4・4・1 浮子による流量観測

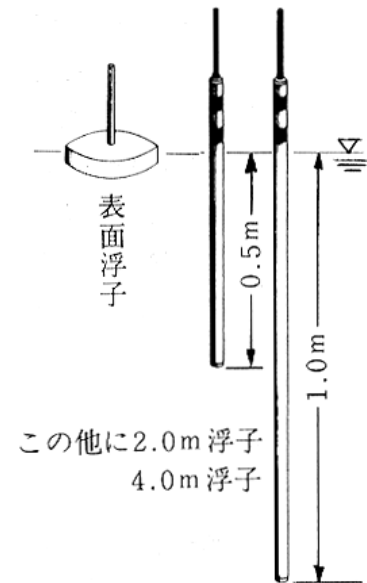
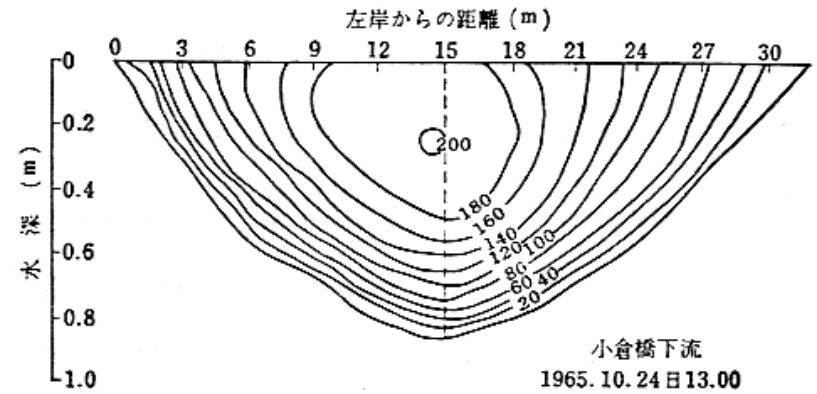


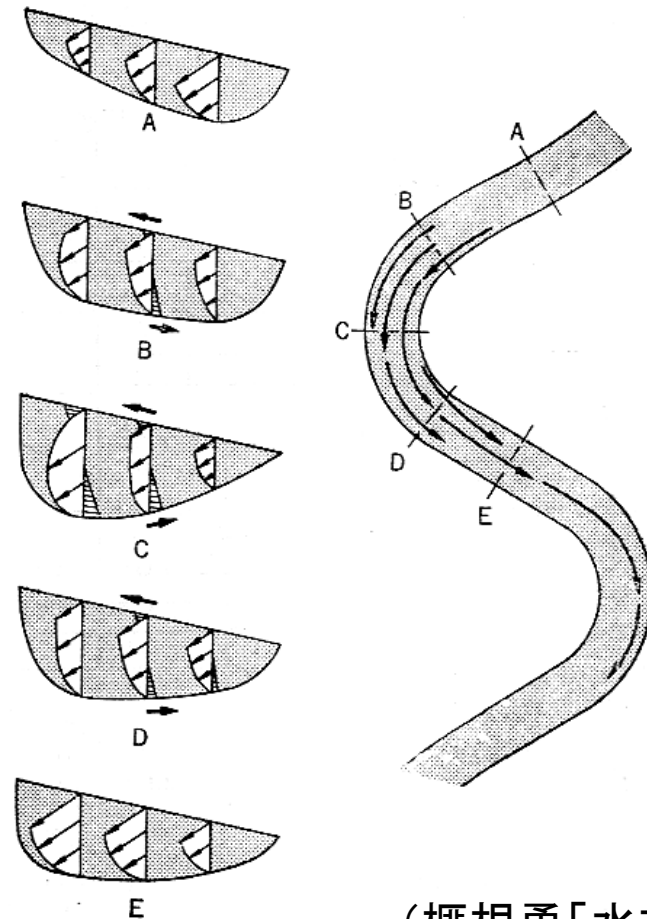
図4・4・4 浮子の種類

# ●河道断面における流速分布

経験的に平均流速は6割水深



# ●流量測定は直線区間で



(榎根勇「水文学」)



# 流況

**最大流量** : 各期間中の最大流量。日流量の最大値ではない。

**豊水流量** : 当年内を通じ**95日**をくだらない程度の流量値

**平水流量** : 当年内を通じ**185日**をくだらない程度の流量値

**低水流量** : 当年内を通じ**275日**をくだらない程度の流量値

**渇水流量** : 当年内を通じ**355日**をくだらない程度の流量値

**最小流量** : 各期間中の最小流量。日流量の最小値ではない。

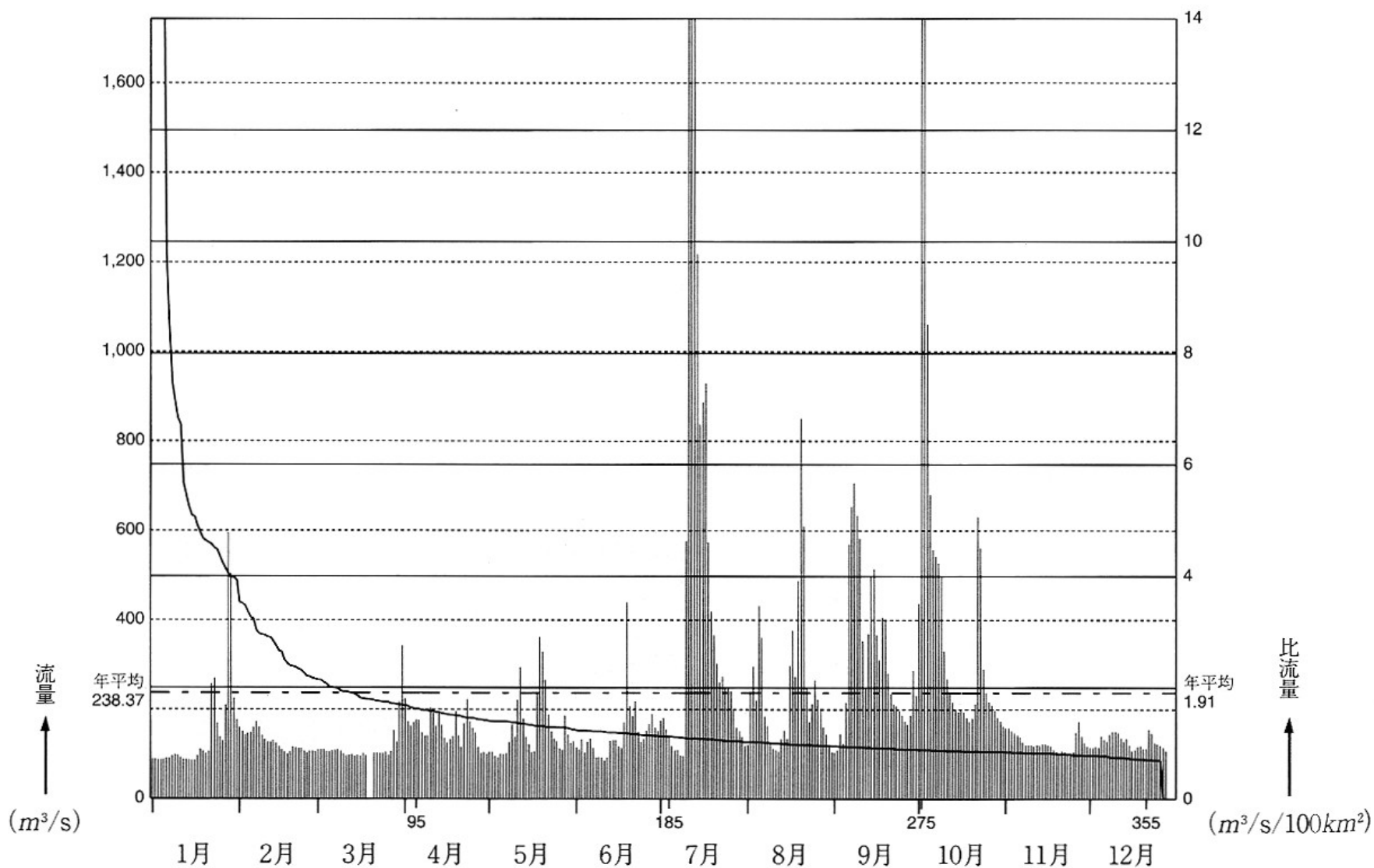
**年平均流量** : 当年日流量の総計を当年日数で除した流量値。

# 比流量

単位流域面積あたりの流量。たとえば、100km<sup>2</sup>あたりの流量。

# ハイドログラフと流況曲線

利根川水系 利根川 布川流量観測所

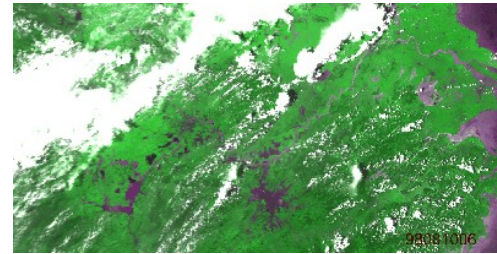


豊水流量:201.38 平水流量:139.73 低水流量:110.39 渇水流量:88.54 m<sup>3</sup>/s

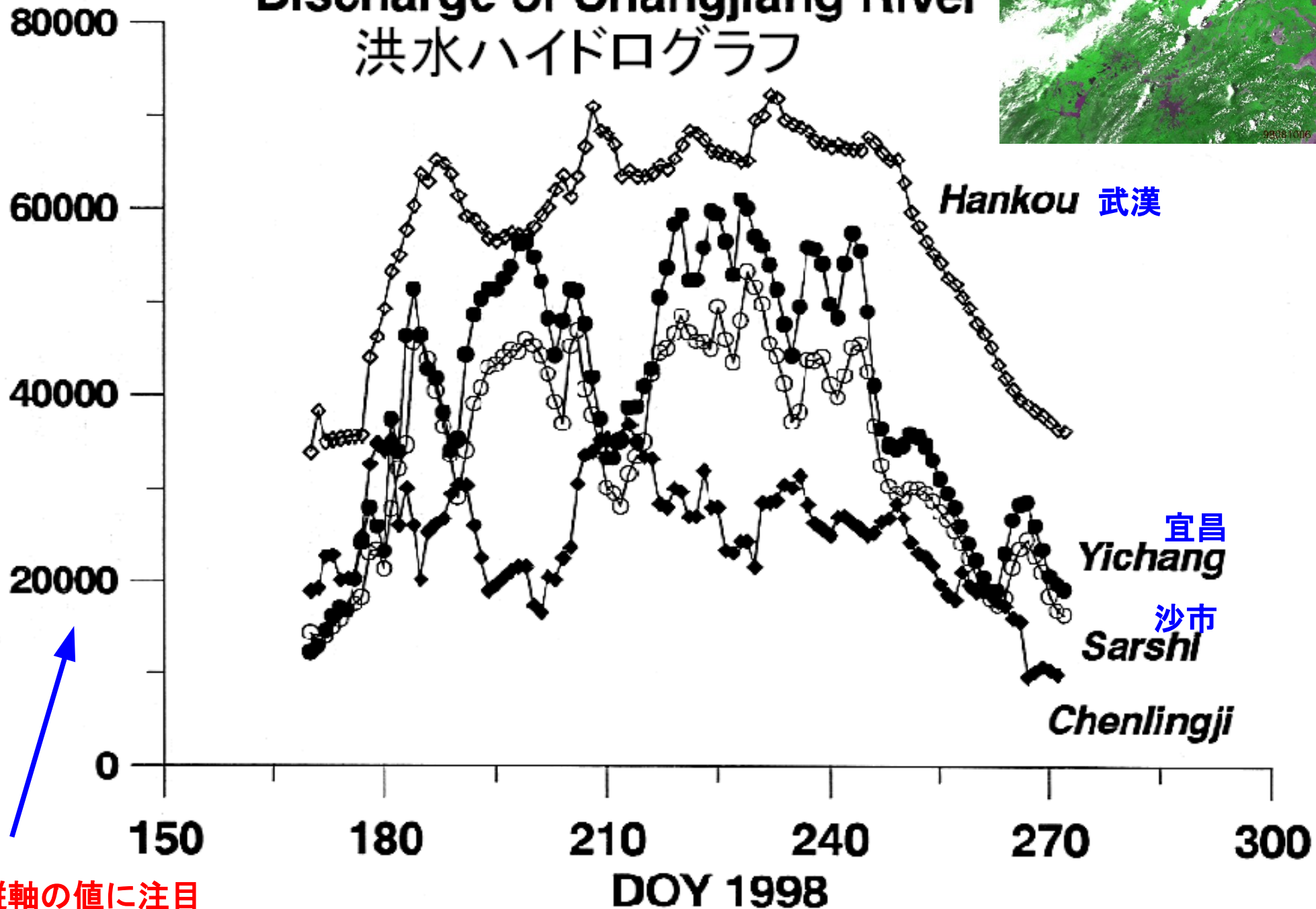
# 長江の洪水ハイドログラフ

## Discharge of Changjiang River

### 洪水ハイドログラフ



DISCHARGE (m<sup>3</sup>/s)



Hankou 武漢

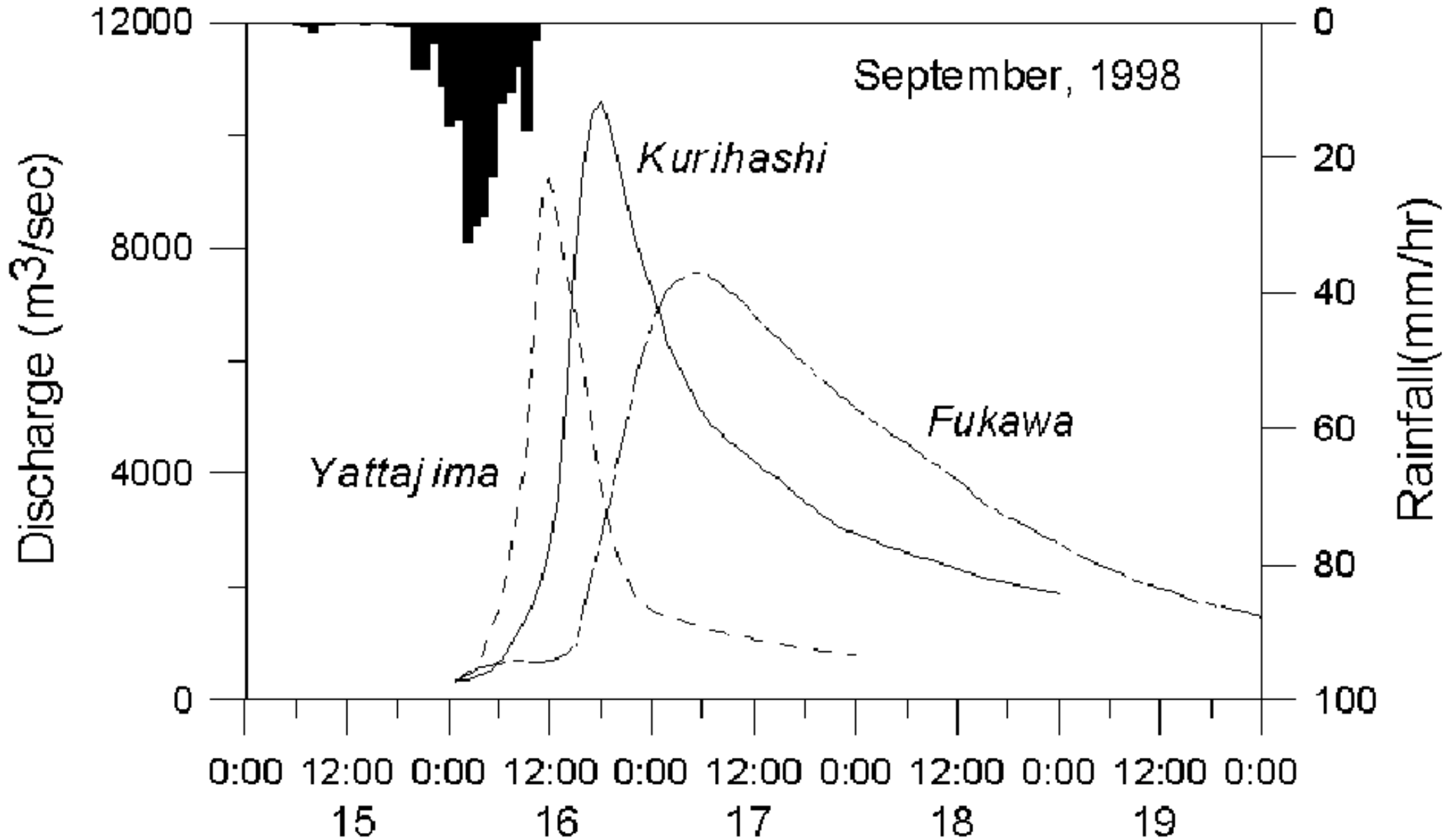
宜昌 Yichang

沙市 Sarshi

Chenlingji

縦軸の値に注目

# 1998年9月 利根川、八斗島、栗橋、布川における洪水ハイドログラフ



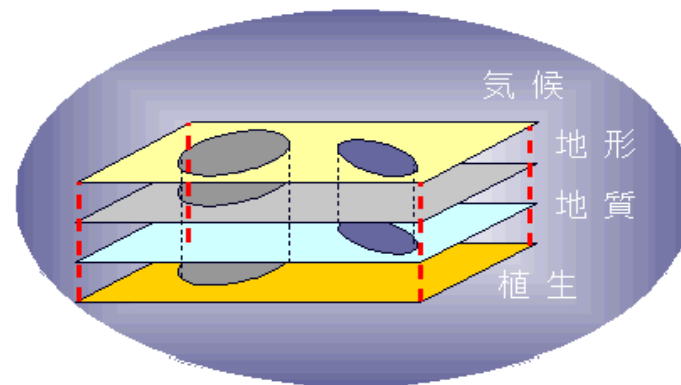
洪水波の伝播、減衰の早さに注目 長江と比較してみよう

# 河川の流況はどんな要因に支配されているか



## 流況を支配する要因

- 気候
- 地形
- 地質
- 植生
- その他（土地利用／被覆、人工的操作、ほか）



総合的にとらえる→多様性・関連性に関する理解

## これまでの重要な研究

志水俊夫 (1980) : 山地流域における湧水量と表層地質・傾斜・植生との関係 (林試研報、No. 310)

- ・ 第三紀・第四紀火山岩類、花崗岩類からなる流域は湧水量が豊富
  - ・ 水源涵養機能も良好 (減水曲線、豊水一湧水比の検討から)
  - ・ 緩傾斜・多量の流域は湧水量の値は大きな傾向
  - ・ 地中水循環の重要性
- 植生区分と湧水量の間には明確な関係認められず

● 本当に植生は流況に影響していないのか



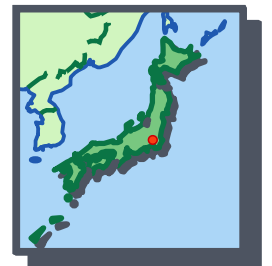
地中水循環  
の重要性

虫明・高橋・安藤 (1981) : 日本の山地河川の流況に及ぼす流域の地質の効果 (土木学会論文報告集、No. 309)

- ・ 第四紀火山岩類流域で低水流出指標が最も大きい
- ・ 低水流出指標が大きい流域ほど逡減が緩やか

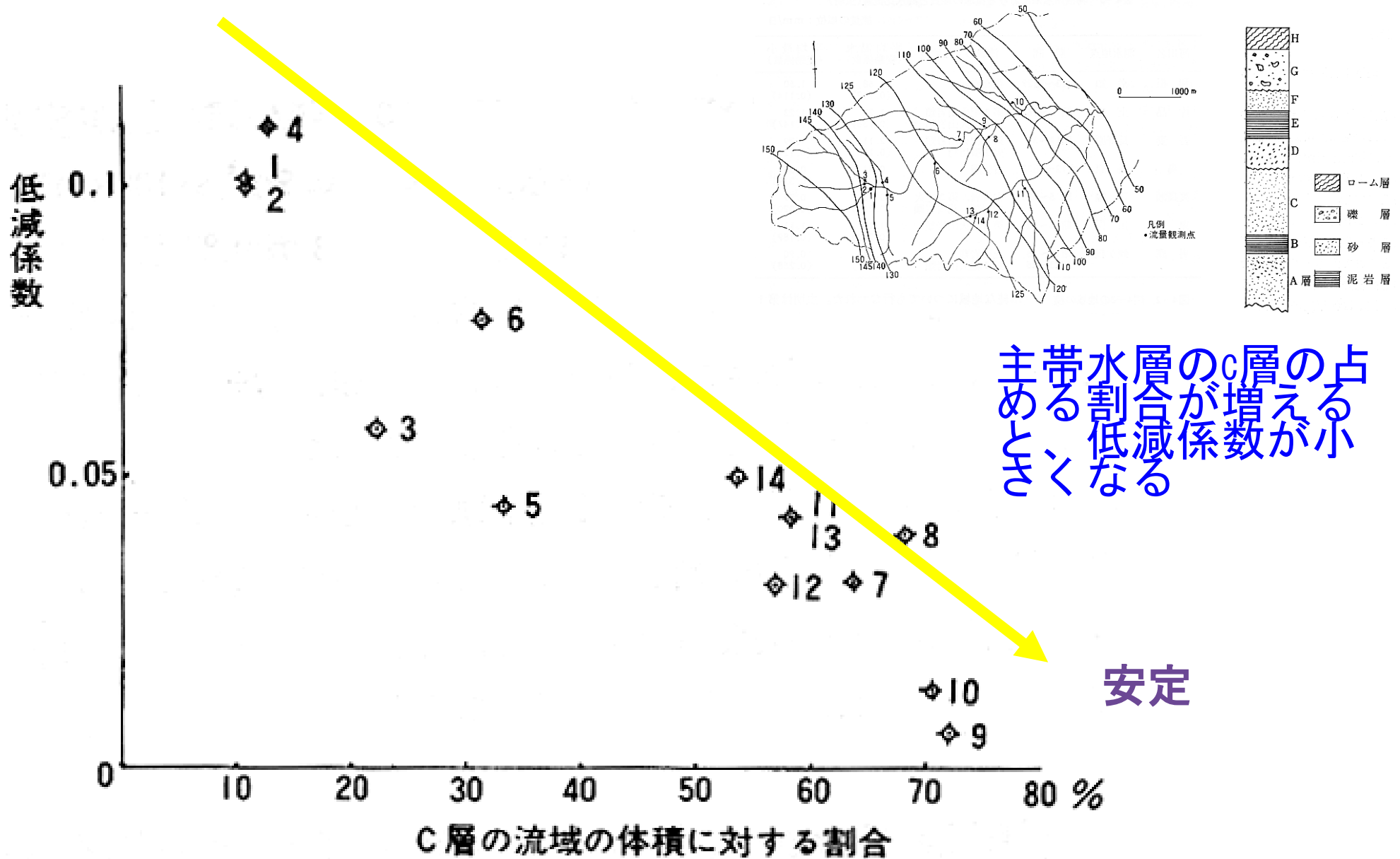
● 太平洋岸以外の河川ではどうか . . . 雪の影響

新しいグリッドデータセットを用いて再検討



# 地中水循環は本当に効いているのか？

松村好造(1972)：大栗川上流の規底流量について。ハイドロロジー、5、25-30。



小スケールでは確かに、地形+地質が効いている 地中水循環場



## 広葉樹林を針葉樹林に変えたときの年流出量変化

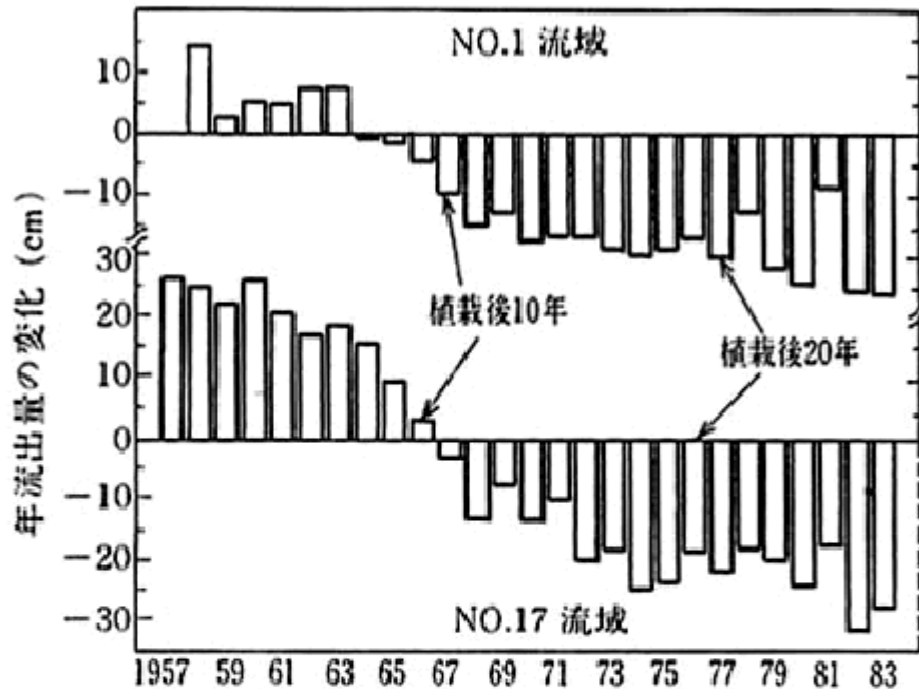


図134 広葉樹木を伐倒し、その後マツ (White pine) を植栽したときの年流出量の経年変化 (W. T. Swank ら, 1988による)

マツ植栽以後の傾向。広葉樹林のときを基準 (0) として記載されている。NO.1 流域は南向き斜面、NO.17 流域は北向き斜面。

針葉樹に変えると流量は減少

- ・(落葉)広葉樹を伐倒し、その後、再生樹の伐倒を繰り返し、最後に松(white pine)を植栽

- ・再生樹の刈り払いを行うと、約300mm弱の流量増加

- ・松の生長に伴い、流量減少

- ・松が鬱閉して10年経過すると広葉樹の時より200mm弱の流量減少

- 針葉樹が広葉樹より蒸発散量が大きい

- 針葉樹の葉量が大きく、遮断量が大いこと、蒸散の期間が長い

(土壌の変化がないという点を忘れるな)



## 使用したデータ

### ● 流量データ

- ・ 建設省『流量年表（1983-2001）』
- ・ 建設省・水資源開発公団・都道府県『多目的ダム管理年報（1956-1994）』

**流況情報**（豊水、平水、低水、渇水量）を抽出

### ● デジタル空間情報

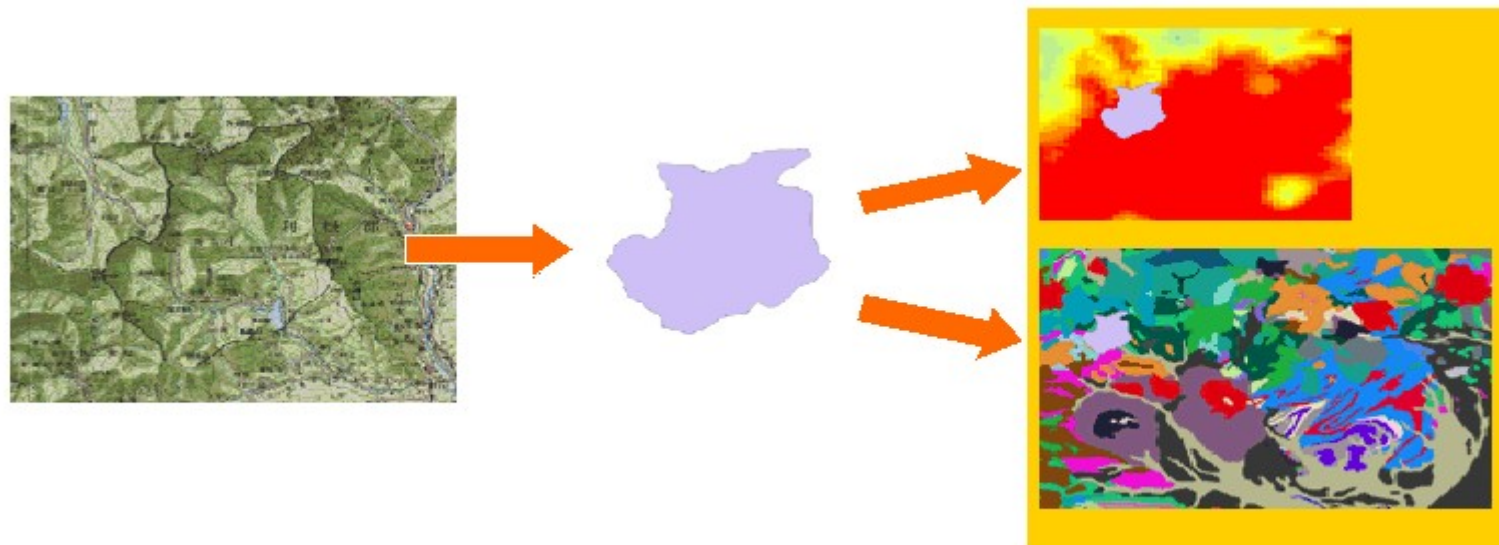
- ・ 気象庁「気候値メッシュデータ（1953～1982）」（1km）
- ・ 地質調査所「1/100万地質図」（250m）
- ・ 国土地理院「国土数値情報数値地図（標高）」（1km）
- ・ 環境省「植生調査1kmメッシュデータ」（1km）

**流域の特性値**を抽出



**（西崎貴子さん、修士論文）**

## 流域抽出と重ね合わせの方法

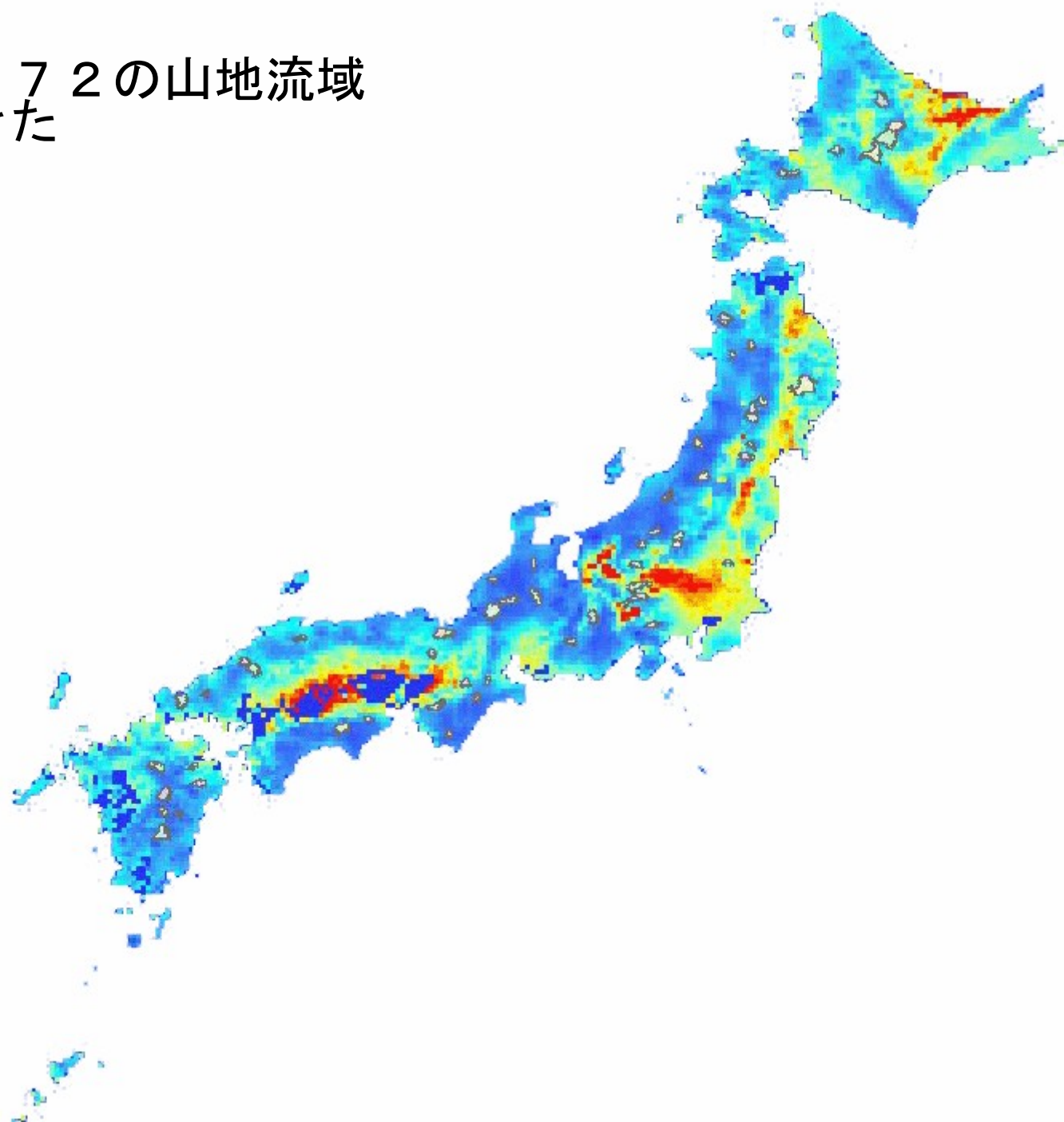


### 流域選定の基準

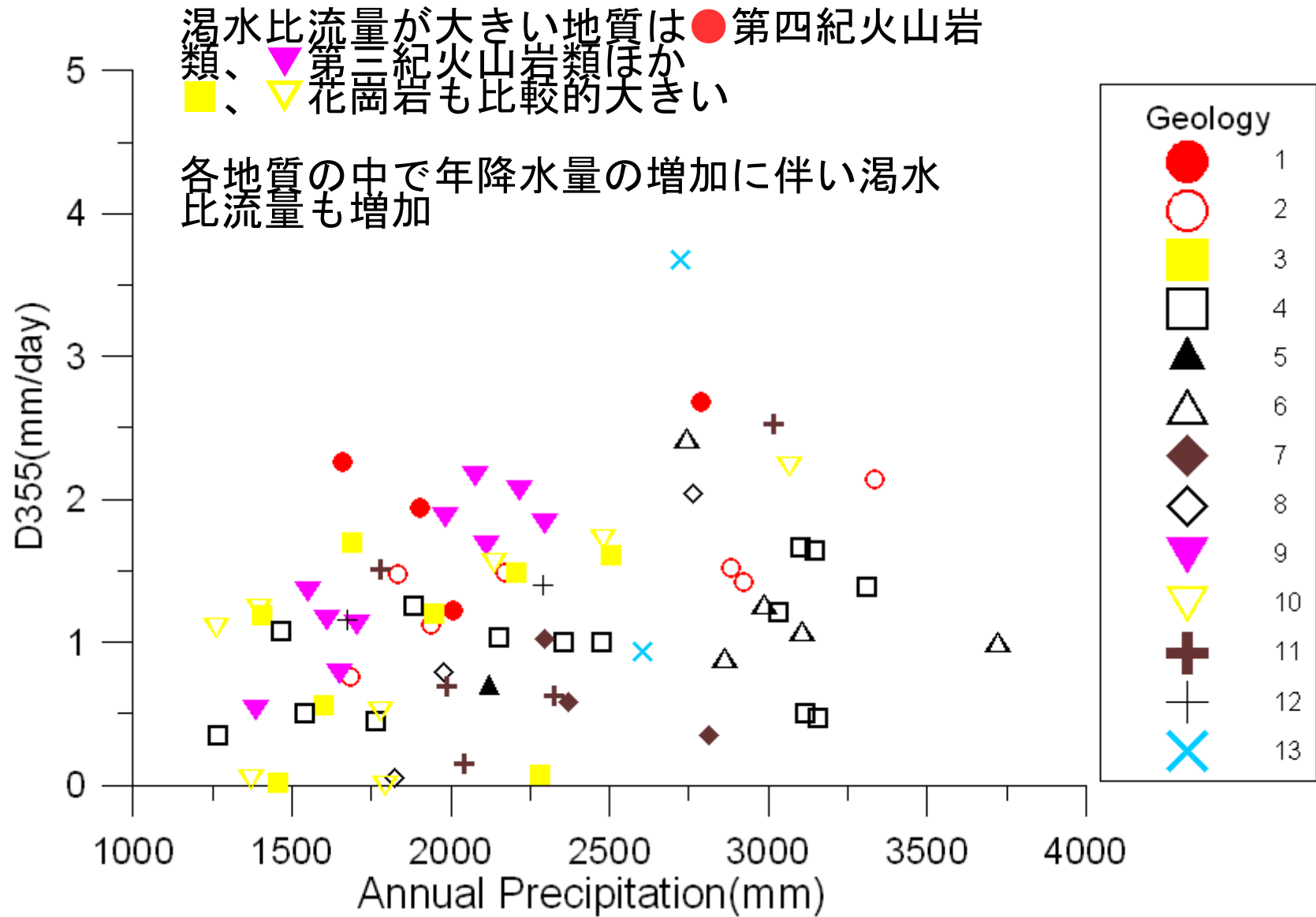
- ・ 上流にダムがない
- ・ 取水の影響がない
- ・ 5年以上の流量観測年数
- ・ 流況に関するデータがすべて揃っている

抽出できた72流域について各要因を数値化して抽出し、流況との関連性を検討する

その結果、72の山地流域  
が抽出できた

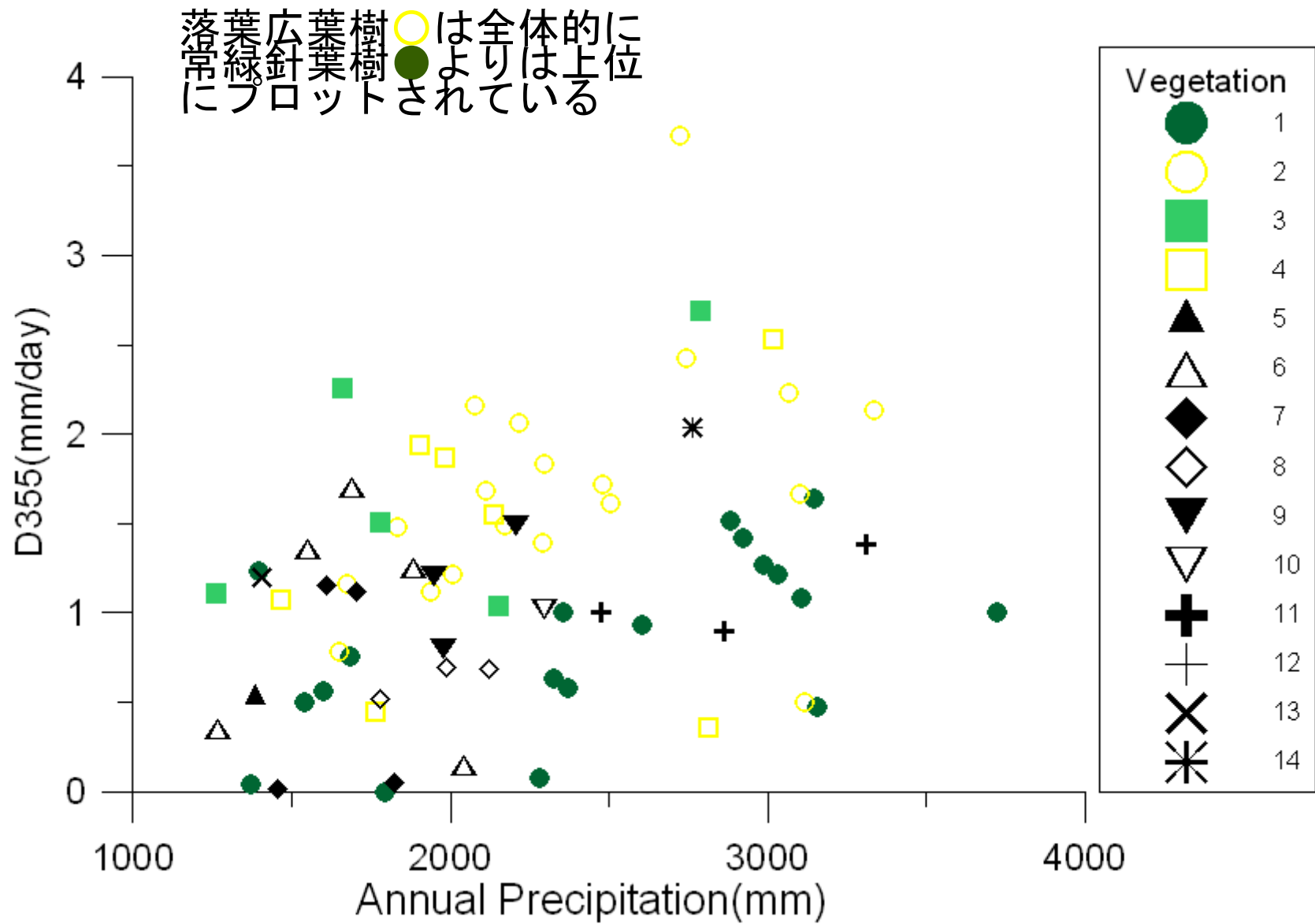


# 年降水量と湧水比流量の関係 I



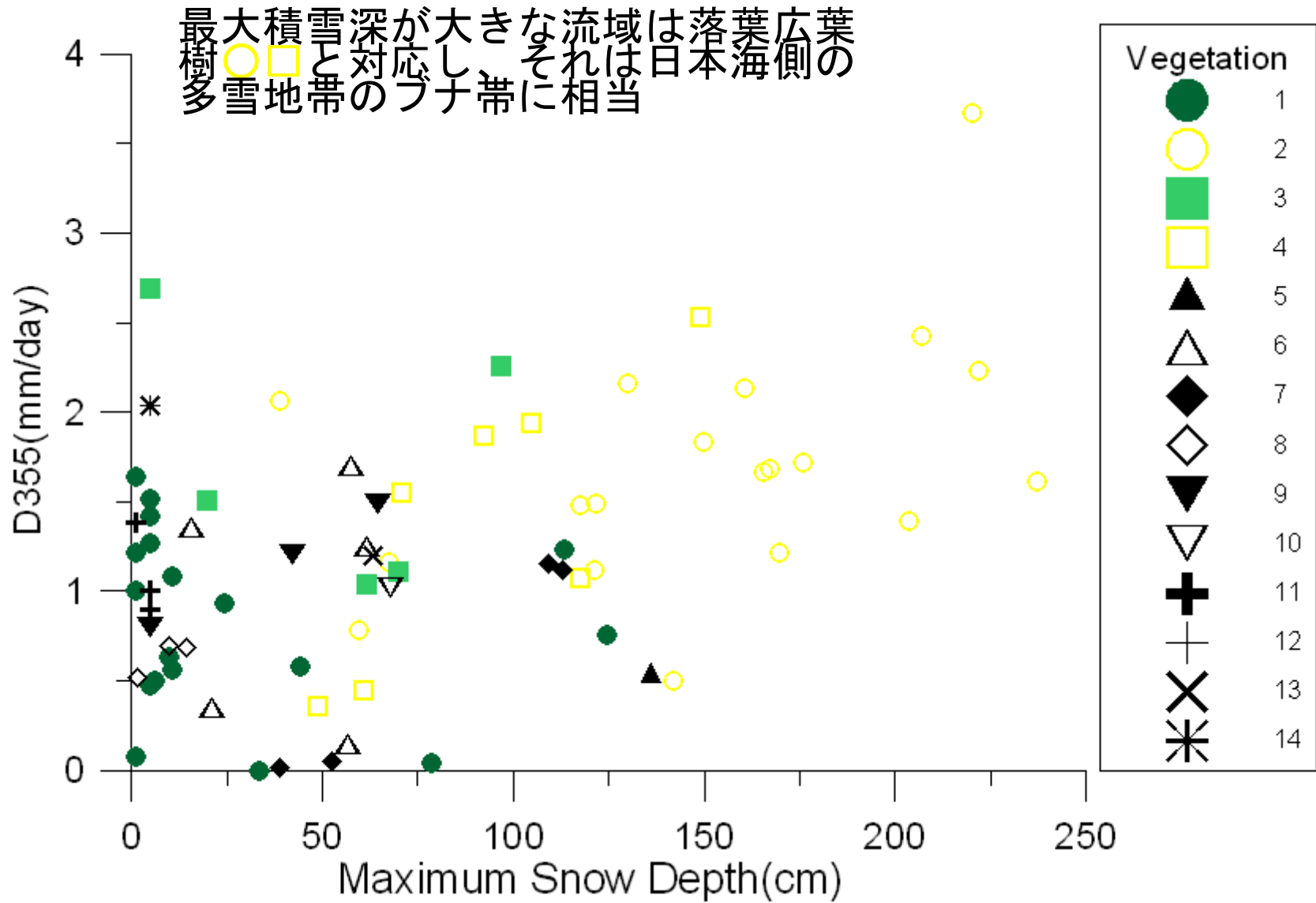
志水(1980)、虫明ほか(1981)の結果を確認

# 年降水量と湧水比流量の関係 II



では、落葉広葉樹林の湧水比流量が大きいと言えるか

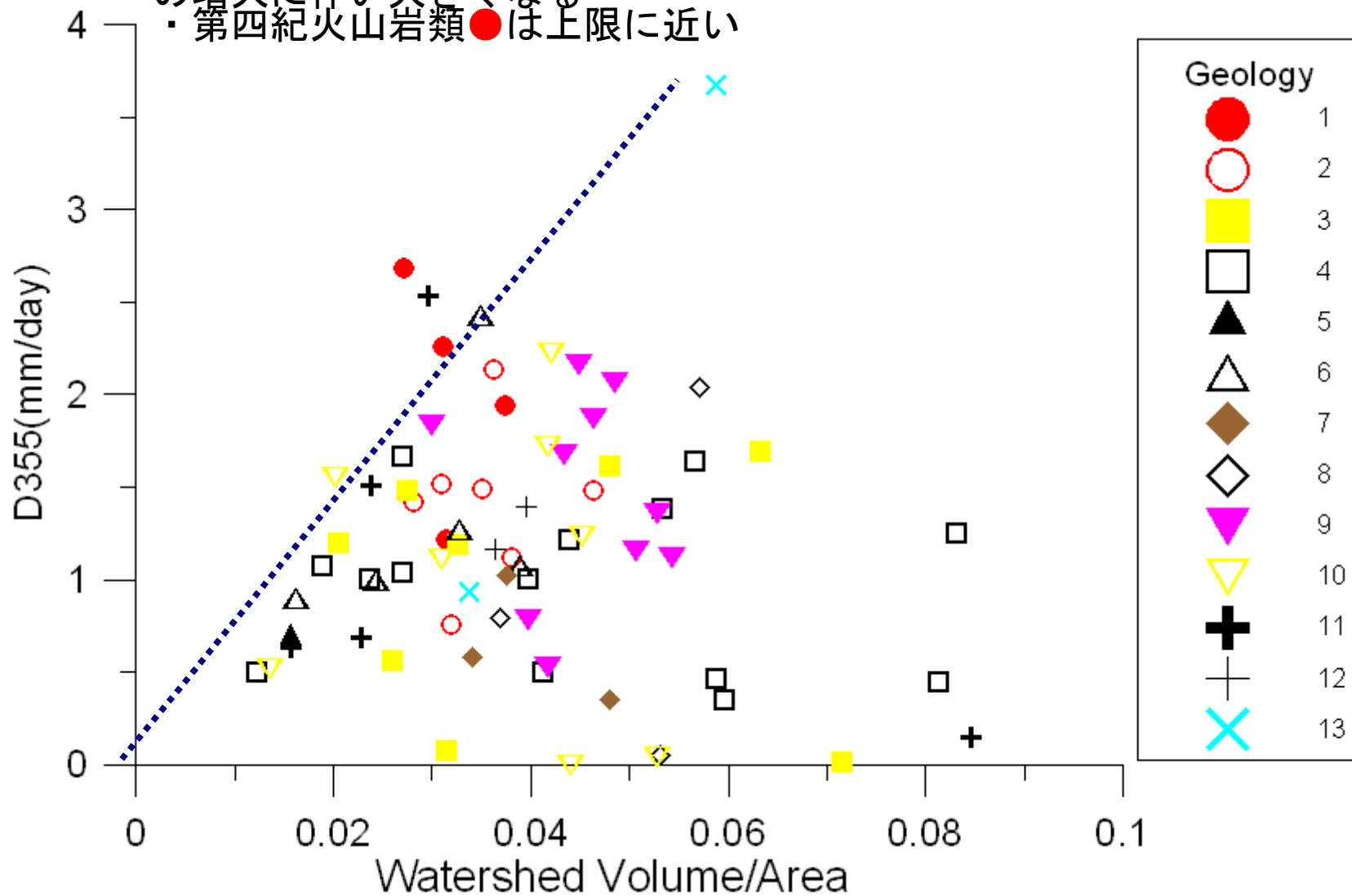
# 最大積雪深と湧水比流量



確かに落葉広葉樹流域の湧水比流量は多いが、植生と気候が独立ではない可能性もある

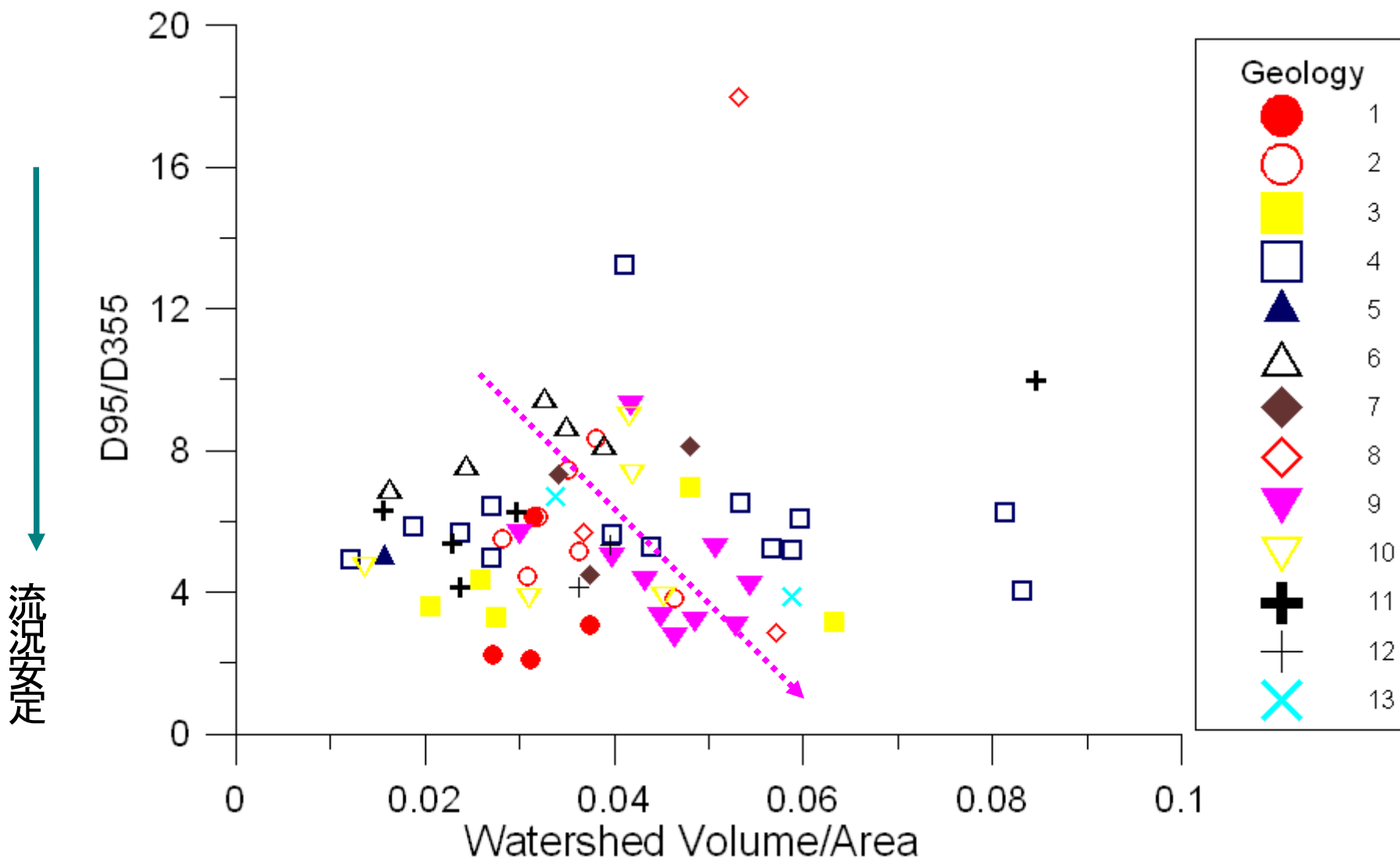
# 地形と湧水比流量の関係

- ・ 湧水比流量の上限があり、それが流域平均比高の増大に伴い大きくなる
- ・ 第四紀火山岩類●は上限に近い



山体体積を流域面積で除した流域平均比高  
(値が大きいほど地下水流動の場が大きい)

# 地形と河況係数の関係

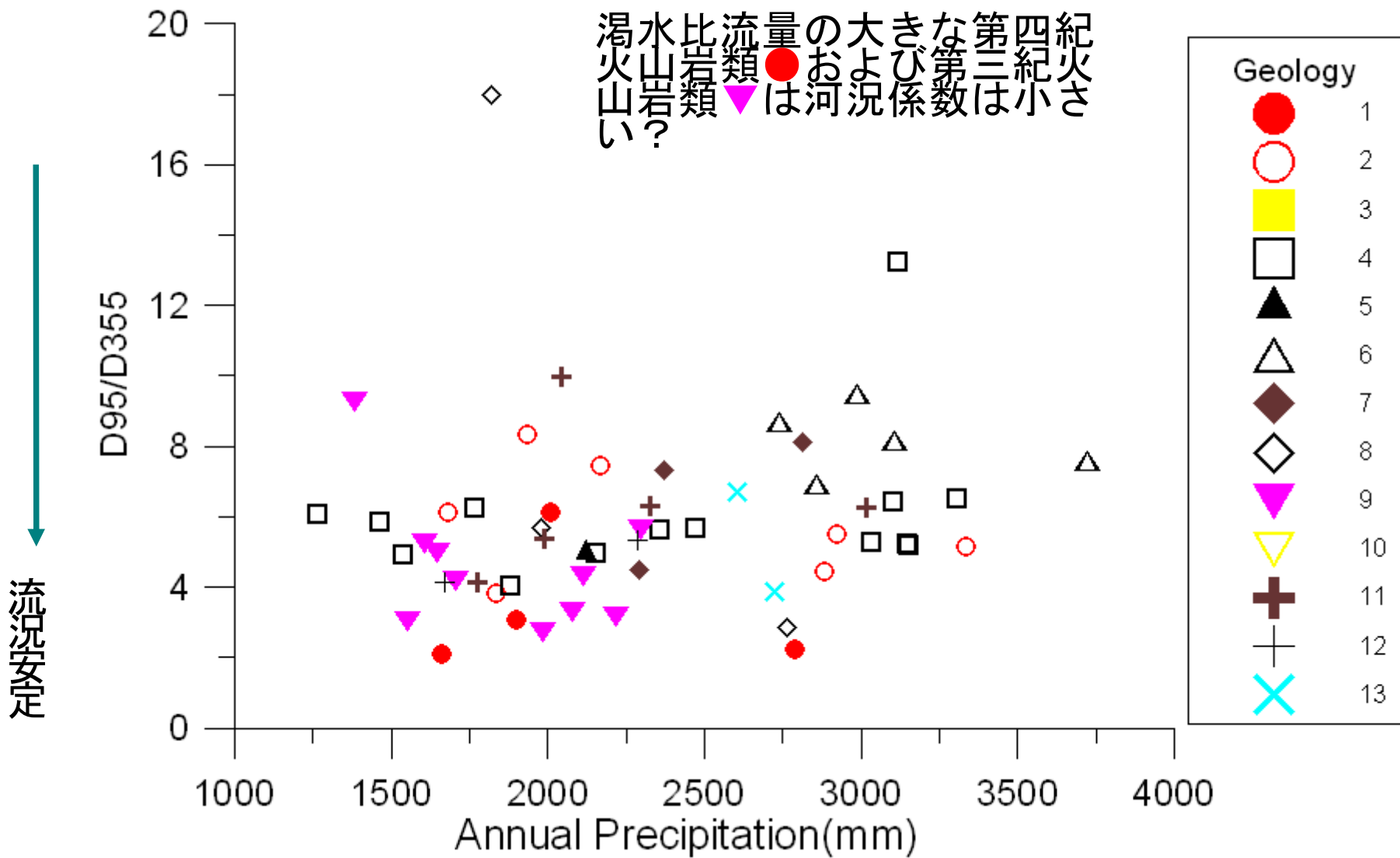


流域平均比高が大きいほど流況が安定しているといえるか  
例えば、第三紀火山岩類▼の場合はいえるかもしれない



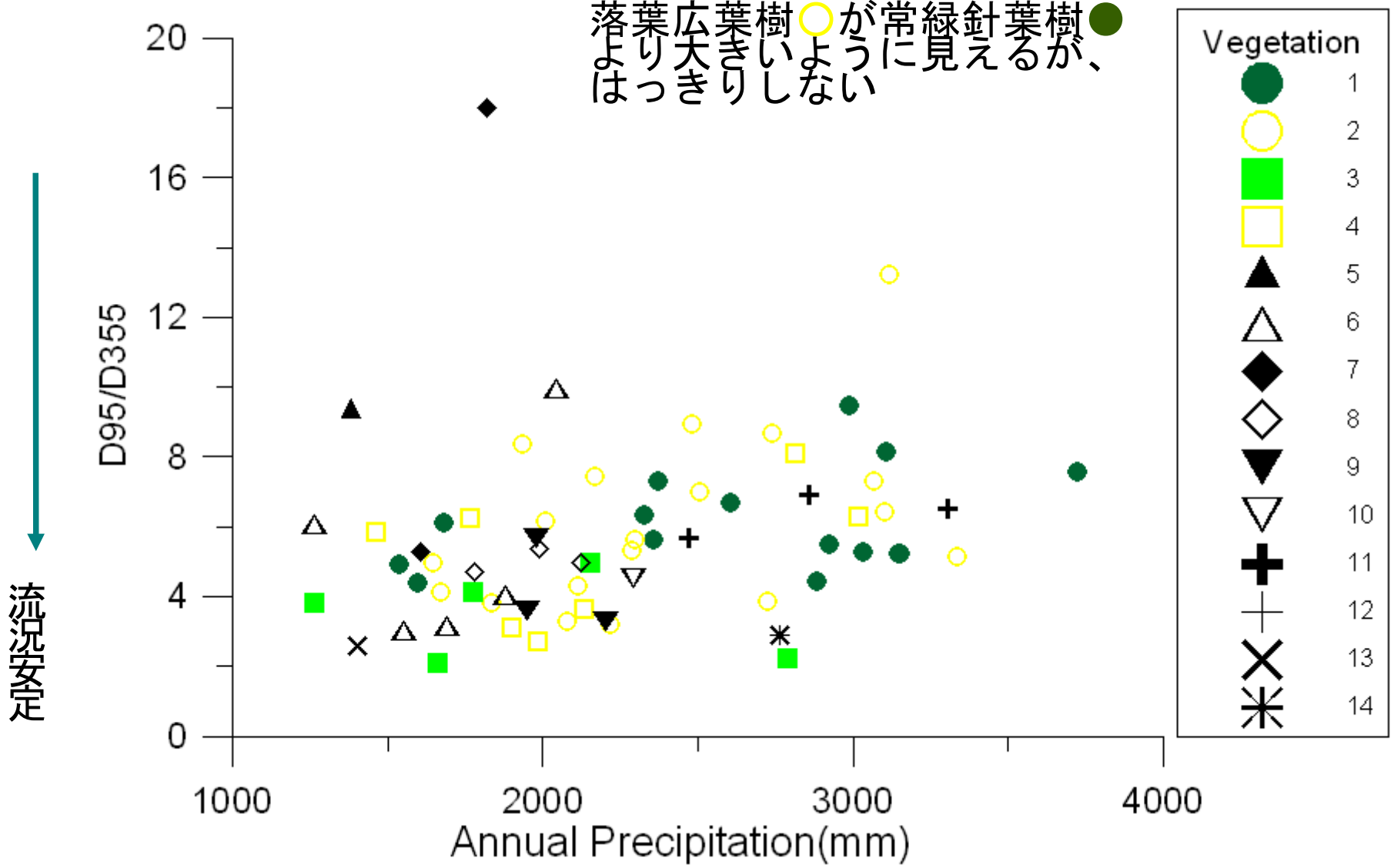
# 年降水量と河況係数の関係 I

第四紀火  
 第三紀小  
 な第係  
 きび係  
 大よ係  
 のお河  
 量のお  
 流類は  
 比岩類  
 火山岩  
 湯火山  
 火い？



# 年降水量と河況係数の関係 II

落葉広葉樹が多いが、  
常緑針葉樹が見えるが、  
落葉広葉樹は大きい



## 結論

### 地質

- ・ 第四紀火山岩類、第三紀火山岩類の流域は渇水比流量が大きい→確かに地質は流況をコントロール

### 植生

- ・ 落葉広葉樹の流域は渇水比流量が大きい（かもしれない）
- ・ ただし、落葉広葉樹は日本海側の多雪地帯のブナ帯に対応する割合が大きいので気候と植生が独立ではない可能性

### 地形

- ・ 流域の山体体積が大きくなるほど、渇水比流量は大きくなる（のではないか？）  
→地下水の寄与の増大

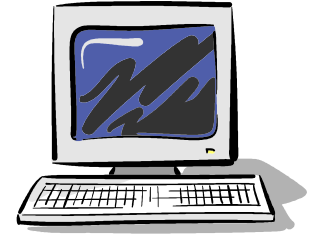
## 今後

- ・ 多変量解析（数量化 I 類）の適用
- ・ GISスケールにおける流域の詳細解析（1:5万図スケール）



# ○流出解析—流出の予測

目的：治水と利水



洪水流出モデル  
(短期流出モデル)

- 合理式
- 単位関法
- 貯留関数法
- タンクモデル

長期流出モデル  
(水収支モデル)

- タンクモデル
- 線型応答モデル
- 非線形応答モデル

分布型流出モデル

流域をグリッドあるいはTIN（三角形要素）で分割し、各グリッドごとにパラメータを与えて、流出を発生させ、流れを追跡する手法

# 合理式(ラショナル式)の考え方

洪水のピーク流量の推定に用いられる

$$Q = \frac{1}{3.6} f r A \quad (3.14)$$

ここで,

$Q$  : 洪水のピーク流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$f$  : ピーク流出係数

$r$  : 洪水到達時間  $t_p$  内の平均有効降雨強度 ( $\text{mm}/\text{h}$ )

$A$  : 流域面積 ( $\text{km}^2$ )

流出係数  $f$  は,  $r$  がピーク洪水流量に影響する割合である.

$t_p$  については多くの経験式が提案されている.

$$t_p = 2.40 \times 10^{-4} (L/\sqrt{S})^{0.7} \quad (\text{都市流域}) \quad (3.15)$$

$$t_p = 1.67 \times 10^{-3} (L/\sqrt{S})^{0.7} \quad (\text{自然流域}) \quad (3.16)$$

ここで,

$t_p$  : 洪水到達時間 (h)

$L$  : 流域最遠点から対象地点までの流路延長 (m)

$S$  : 平均流路勾配

単純  
だから  
計画に  
使われる



# 単位図法の考え方 降水量からハイドログラフを生成

単位図法 (unit hydrograph method) は、つぎの3点を基本的な仮定としている。

- (1) 河道への直接流出の継続時間は、降雨強度と関係なく一定である。その継続時間を基底長 (base length) という。
- (2) 流量の大きさは降雨強度に正比例する。
- (3) 単位時間ごとの各降雨に対する流量をそれぞれ加え合わせ、合成して全降雨に対する流量が求められる。

単位図法は、流域における雨水の流出過程をブラックボックス (black box) と考え、降雨を入力 (input)、流量を流域の応答としての出力 (output) と考えるので、black box analysis のうち線形手法の典型例といえる。

単位図法はシャーマン (L. K. Sherman) によって1932年に提案され、広く利用されている流出モデルである。単位図法を積分方程式の形で表現すれば、次式のように、たたみ込み積分 (convolution integral) となる。

$$q(t) = \int_0^{\infty} u(\tau) \gamma_e(t-\tau) d\tau \quad (3.17)$$

**たたみ込み積分: 入力  $\gamma_e$  は  $(t-\tau)$  時の降水量、  
応答関数  $u(\tau)$  は積分すると1**

# 貯留関数法の考え方

降水によって流域に貯留されている総貯水量  $S(\text{mm})$  と、河道への流出高  $q$  ( $\text{mm/h}$ , 流量を流域面積で割った値) との間につきの運動 (または貯留) 方程式が成立すると仮定する.

$$q = f(S) \quad (3.20)$$

一方, 連続方程式として, 流域への流入, すなわち降水と流出高との差が  $S$  の増減であるので, 式 (3.21) が成立する.

$$\frac{dS}{dt} = fr - q \quad (3.21)$$

ここに  $r$  は観測降雨強度,  $f$  は流入係数である. 式 (3.20), (3.21) から  $S$  と  $q$  を求める.

木村俊晃(1961)は洪水の遅滞時間  $T_l$  を導入し, 式(3.22), (3.23)を提案した.

$$f \cdot r - (q - q_0)_l = \frac{dS_l}{dt} \quad (3.22)$$

$$S_l = K(q - q_0)_l^p \quad (3.23)$$

ここで,

$q_0$ : 立上り時の初期流出高

$(q - q_0)_l$ :  $(q - q_0)$  の波形を  $T_l$  だけ左へ平行移動させた波形, すなわち,

$$(q - q_0)_{l,t=r} = (q - q_0)_{t=r+T_l}$$

$S_l$ :  $f \cdot r$  と  $(q - q_0)_l$  とによる流域総貯水量

$K, p$  は定数

流域内に  
貯留されて  
いる水量が  
多ければ、  
流出量も  
大きい

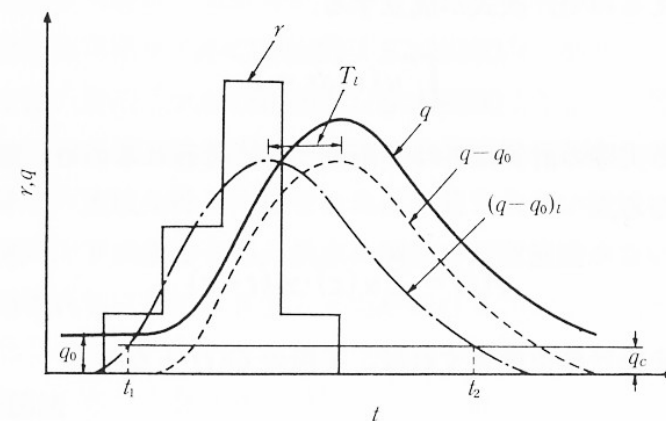
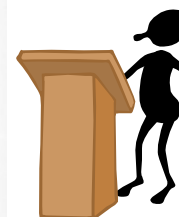


図 3.4 貯留関数法による解析の説明図 (前出: 水理公式集, p. 159 より)

# タンクモデルの考え方

- ・降水量、蒸発散量を与えて、タンク内の貯留量から各孔からの流出量を計算
- ・降雨－流出現象の非線形な応答も再現でき、観測ハイドログラフを簡単な計算で良く再現できる
- ・ブラックボックスモデルだが、流域内の貯留量が多ければ流出も多いという基本的な性質を具備

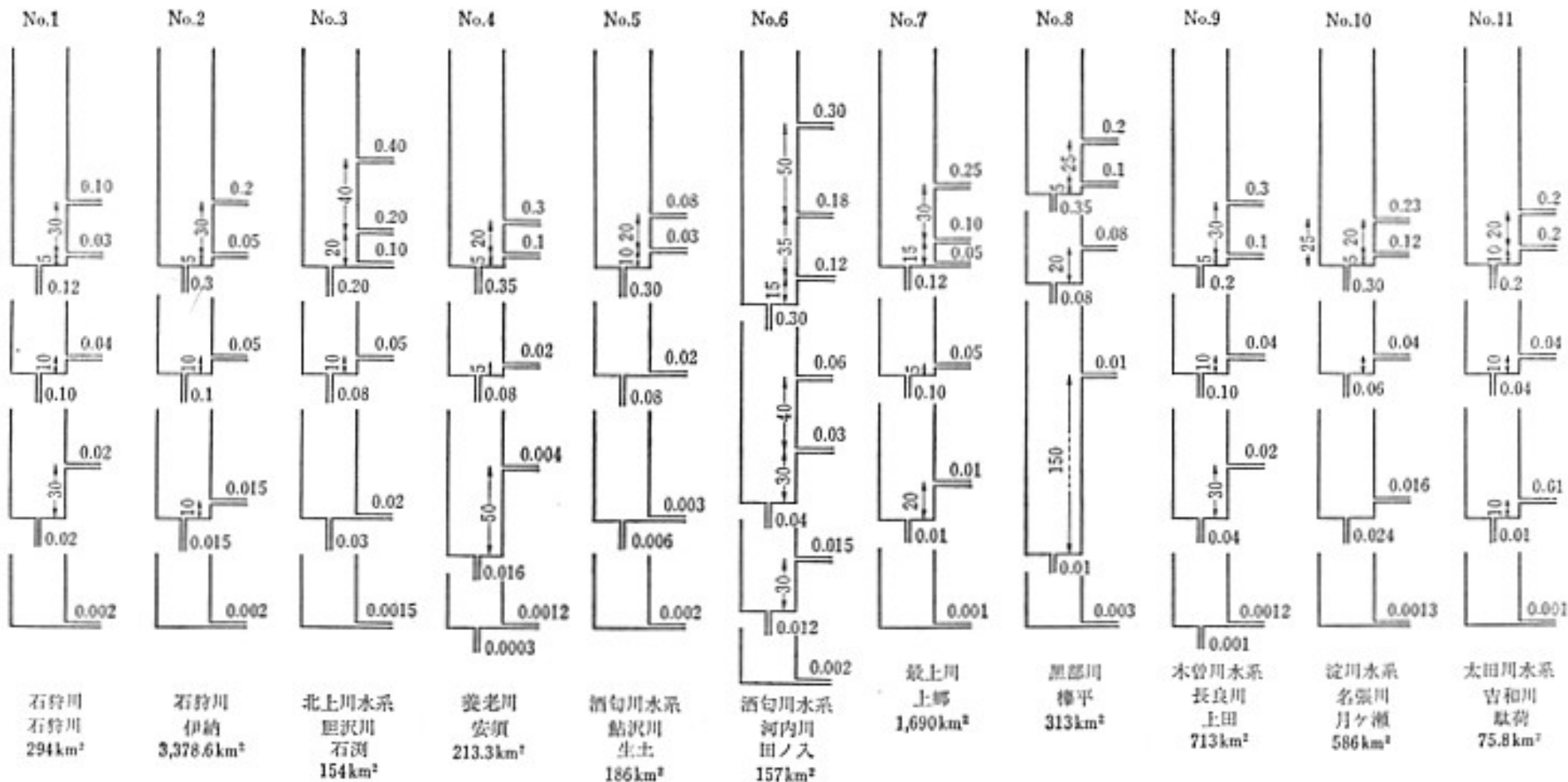
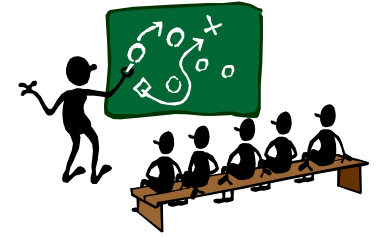


図 96

(菅原正巳、「流出解析法」、水文学講座7、共立出版、1972)



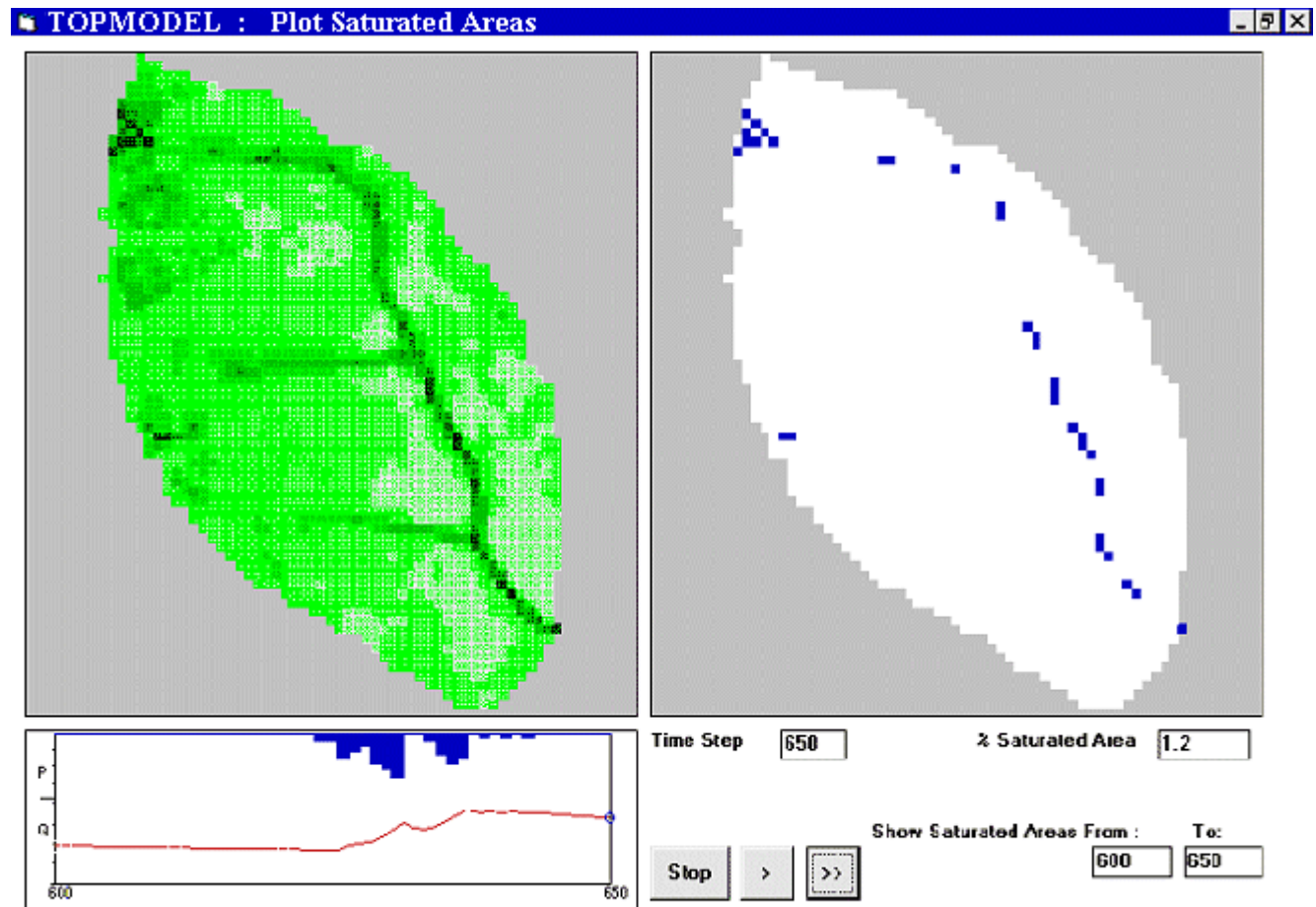
# 分布型流出モデルの考え方



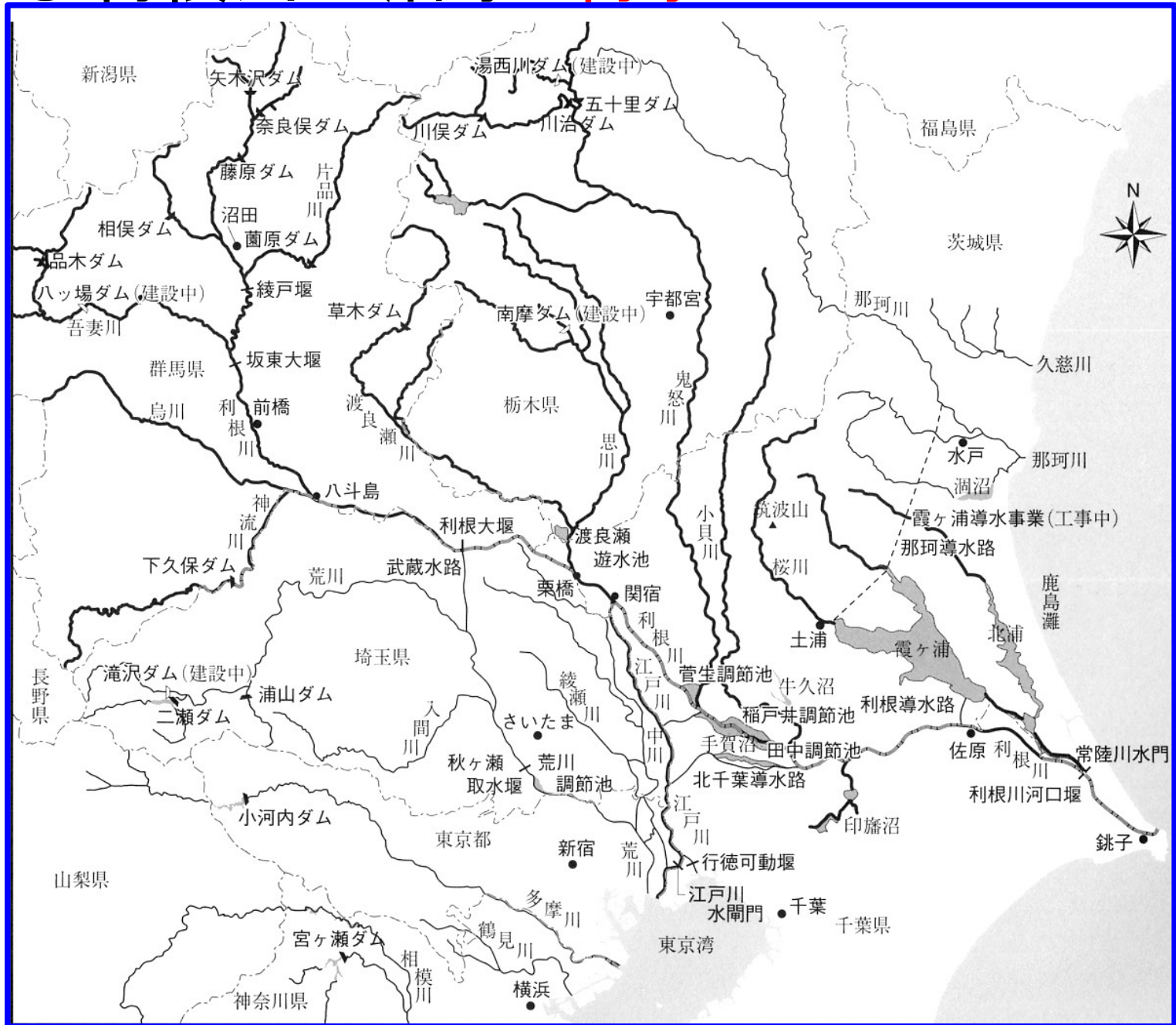
- ・流域を離散化(グリッドやTIN)
- ・各グリッド(あるいは要素)ごとに流出を発生
- ・地形の落水線方向に流量をルーティング

## 利点

- 流域の土地利用、地質、土壌、地形、等の効果とその変化をモデルに反映できる
- 降水量の時間・空間分布も考慮できる
- 気候モデルとのリンクが可能
- その他



# ○利根川の治水・利水



利根川流域図(2007年7月)

# 我々の使う水はどこから来るのだろうか

## 広域水道：

利根川、渡良瀬川、  
鬼怒川上流の水源ダム  
基底流量の強化により  
都市用水を創造



人と水の分断はないか



(千葉県水道局ホームページより)

水源内訳(水源の地図)

水系等	取水場(浄水場)	水源	平成20年度計画 一日最大給水量 の内訳 (m <sup>3</sup> /日)
<p>■表流水</p> <p>(注1) 灌漑期(4月1日～9月30日)は農業用水合理化、非灌漑期(10月1日～3月31日)は八ッ場ダムの暫定水利権です。 (注2) 江戸川・中川緊急暫定と湯西川ダムについては暫定水利権です</p>			
江戸川	矢切 (ちば野菊の里及び栗山)	江戸川自流 農業用水合理化・八ッ場ダム (注1) 江戸川・中川緊急暫定(注2)	241,700
利根川	印旛(柏井・東側)	利根川河口堰	170,000
利根川	木下(柏井・西側 及び北総)	利根川河口堰 川治ダム 奈良俣ダム 湯西川ダム(注2)	344,000
養老川	高滝(福増)	高滝ダム	90,000
<p>■企業団からの受水</p>			
北千葉広域水道企業団		江戸川より取水	152,000
君津広域水道企業団		小櫃川より取水	60,000
計			1,057,700

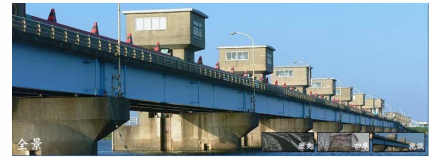
■この他にも予備水源として地下水を保有しています。



利根川河口堰HPより

このページについてのお問い合わせは  
千葉県水道局管理部総務企画課水調整室

# 県営水道配水系統図



我々の便利な生活は、コストをかけた施設によって、維持されています..

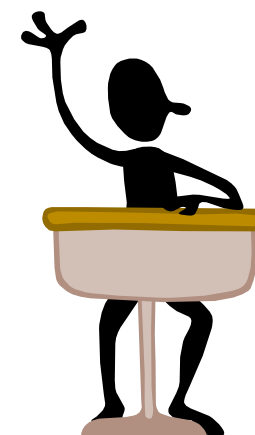
■矢印を逆にたどっていくと、自分の家の水がどの浄水場で造られたか、どの川から取水しているのかがわかります。



# 様々な社会資本（国交省所管）の耐用年数

対象事業	対象範囲	耐用年数	
		道路改良	60年
道路	直轄・補助・地方単独	橋梁	60年
		舗装	10年
		港湾	直轄・補助
港湾	直轄・補助	臨港交通施設	60年
		左記以外の施設	無限大
		空港	直轄・補助
空港	直轄・補助	航空路	9年
		公共賃貸住宅	補助・地方単独
公共賃貸住宅	補助・地方単独	1950年代着工	31～36年
		1960年代着工	36～51年
		1970年代着工	51～61年
		1980年以降着工	61年
		下水道	補助・地方単独
下水道	補助・地方単独	処理場	33年
		都市公園	直轄・補助・地方単独
治水	直轄・補助・地方単独	河川	無限大
		ダム	80年
		砂防	67年
		治水機械	7年
海岸	直轄・補助・地方単独	50年	

維持費と、  
更新費用  
が必要...

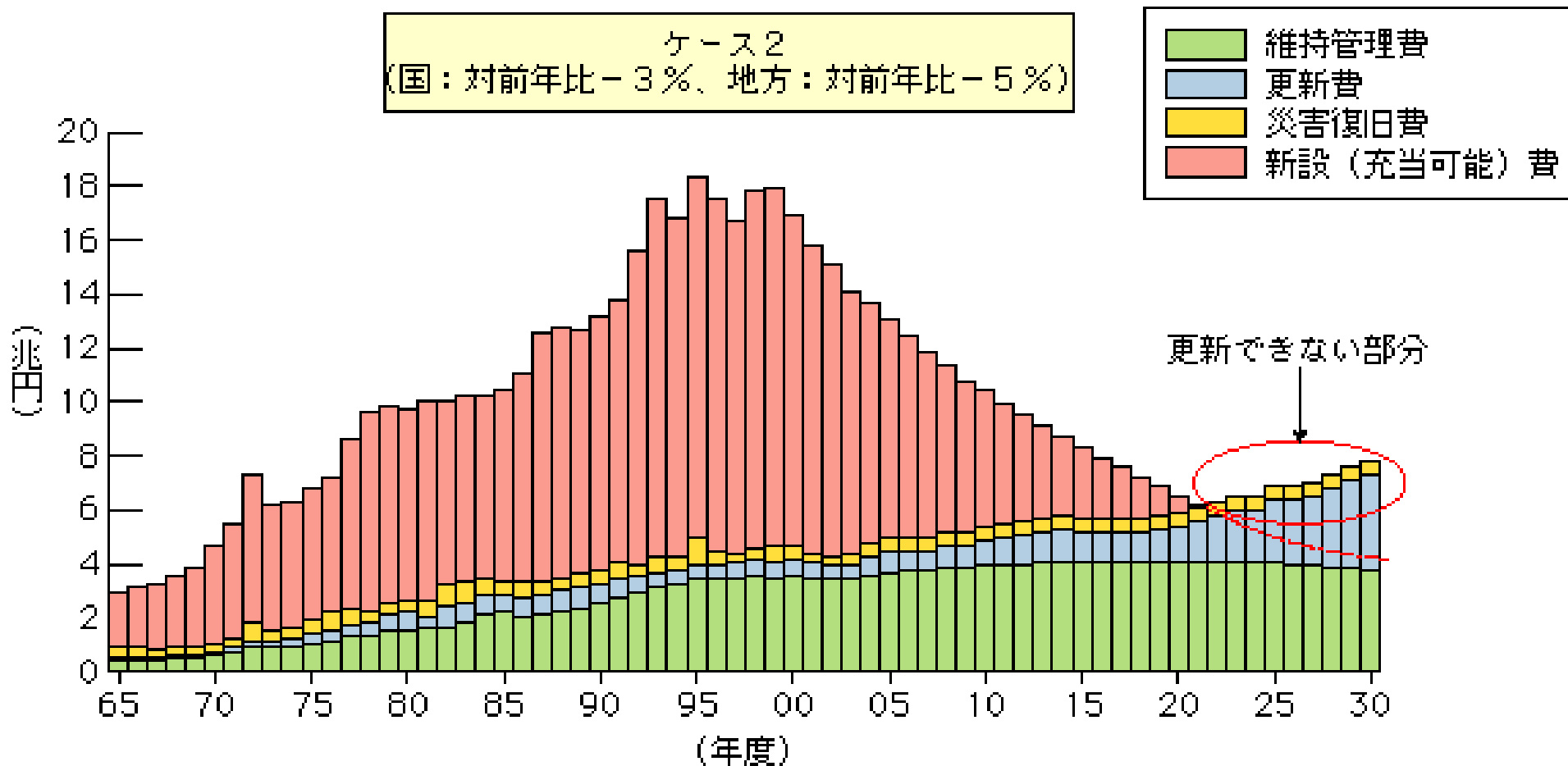


- ・道路改良には、トンネルを含む。
- ・公共賃貸住宅の1950～70年代間の耐用年数は、平均して伸びていくものとした。

(H17国土交通白書より)

# 国土交通省所管の社会資本(道路、港湾、空港、公共賃貸住宅、下水道、都市公園、治水、海岸)を対象にした平成42年(2030年)までの維持管理・更新費の推計

ケース2)国が管理主体の社会資本については、2005年度以降対前年比マイナス3%、地方が管理主体の社会資本については、2005年度以降対前年比マイナス5%(ケース2)の2つのケースを設定しました。



**我々の文明はコストの高いハードウェアによって維持されている**

**これをいつまで維持できるだろうか**

**安心とは、複数の選択肢があること**

**遠くの水と近くの水**

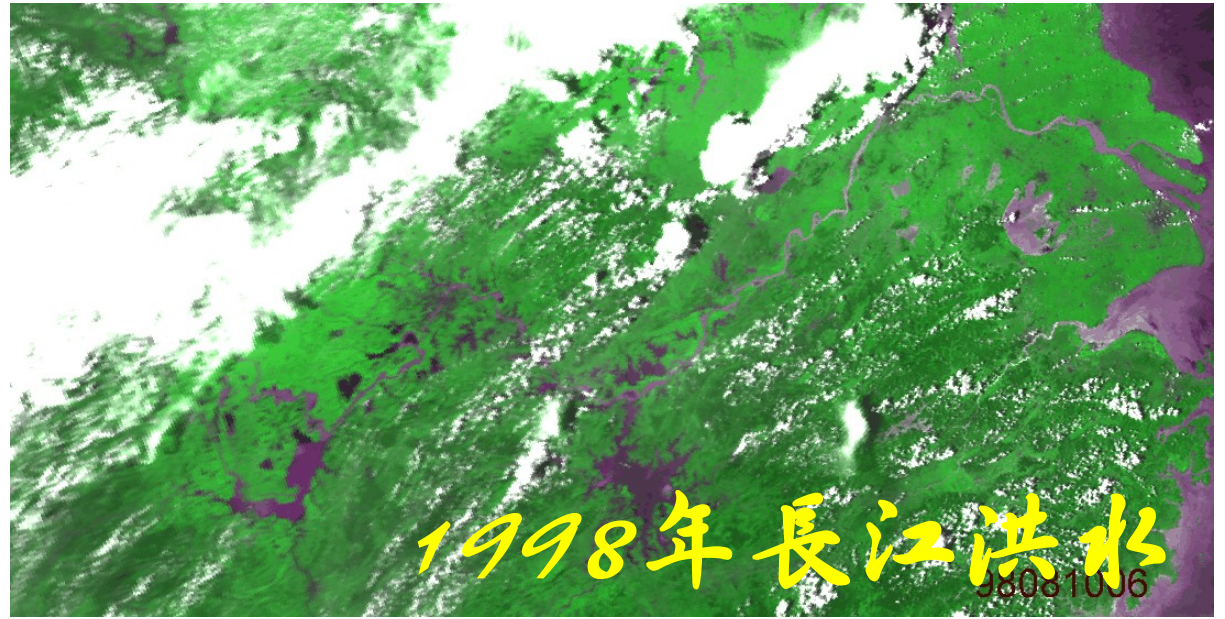
**どちらも大切**

**近くの水とは？**





# 洪水も地球温暖化のせい？



## 1998年長江洪水は、中国が初めて海外にリアルタイムで報道を行った災害

死者2425人。

ン・ネパール  
洪水。数百万人に被害。

2000万人以上に被害。

**2 1998年6月 中国**  
長江（揚子江）の中下流域で大洪水が発生。全国29の省で被災人口2億3000万人，死者3004人。経済損失は約2兆8000億円と推定。

**4 1998年7月 韓国**  
南部や首都圏で集中豪雨によって土砂くずれ，家屋倒壊，行楽客が濁流に流されるなどの被害が発生。死亡227人。

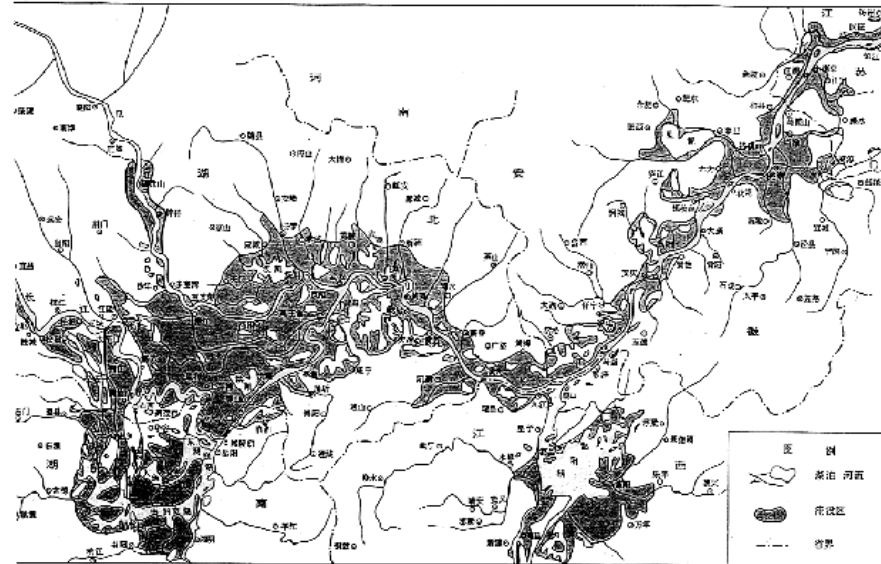
**7 1999年7月 中国**  
中部・東部の長江流域中心。総雨量は1000ミリメートルをこえた。死者725人。

**9 1999年8月 韓国・フィリピン**  
台風「オルガ」による豪雨・洪水。フィリピンでは過去25年で最悪の洪水が発生し，死者約250人。

**19 2000年6月 中国**  
福建省沿岸部を中心に雨が降りつづき，各地で鉄道が寸断。がけくずれがあいつぎ，住宅が土砂に埋まるなどの被害。直接の経済的被害は15億元（約190億円）。

**21 2000年9月 日本中部・韓国**  
台風14号に刺激されて秋雨前線が活発化し，東海を中心に猛烈な豪雨。河川が決壊し，名古屋全域で3万棟以上が浸水。新幹線は約20時間ストップした。

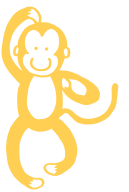
**16 2000年2月 オーストラリア**  
クイーンズランド州・ニューサウスウェールズ州・北部地方。モンスーン豪雨による広範囲の大洪水。農作物にも大きな被害。



注：本図は中国地理研究所編『中国地理』1954年10月版（中国地理出版社）を改題  
図29 1954年長江中下流洪水淹没区域図

## 1954年長江洪水

(ニュートンムック：多発する自然災害)



省都の犠牲  
になった村

おすすめカルチャー

2・20(土)▶2・26(金)



黄亜希の調査に涙を流し、11の省、自治区、直轄市を流れ、約6300km下の上海で東シナ海に注ぎ込む。長さ世界第3位。流域面積は日本が5倍近く入る約180万平方km。1954年の大洪水のときには3万3000人が死亡し、多くは365人。到達した家屋は2112万戸で204万人が移住した。堤防の守備や被害救助に人民解放軍や武装警察部隊が投入され、民兵や予備役兵1800万人も動員。農作物の被害金額は4757万2千円に及び（'89年10月10日現在）。衛星（NOAA/AVHRR）から送られた上の画像は洪水前の湖北省を流れる長江（'97年）の姿。下の画像は洪水が起きた時、川幅が拡大した様子（'89年・8月）。



画像提供/千葉大学環境リモートセンシング研究センター 写真提供/朝日新聞社、朝日新聞社

**省都の犠牲になった村**  
長江はほぼ中心に位置する豊かな穀倉地帯、湖北省にある三洲鎮。大都市・武漢から上流200kmにあるこの村は堤防に囲まれた水田で、長江の土砂が堆積した肥沃な土壌に恵まれている。三洲鎮は今回の洪水から省都へ避難するために人為的に堤防を破壊し、泥水に沈んでしまった。建物の9割が倒壊、およそ3000人がテント暮らしを余儀なくされ、被害額は12億円。目撃したところから推定に上る。

**やまの土地やまの心**  
「自分の田畑を全滅してしまっただけで済む」（31歳）にとっても付さぬ同様に、この洪水は農業への自分の気持ちを問い直すきっかけとなった。地帯として学校に行きかただったという育ちだが、代々受け継がれてきた土地を手放すことだけはしたくなかったという。すべてを奪った洪水は憎いと言いつつも、洪水で農業をやめようと思っただけのところもあるが、やっぱり私は農業が好きでありまして、やっぱり私には農業がなくてはならない。農業が好きなんです」と育さん。また後述に面にも合うように、彼は政府から支給された油菜の種を大切に育ててきた。

**これが本音の願い**  
日々、復興の指針を定める黄亜希さん（37歳）は、三洲鎮の若き村民たちのやり場のなさを語り、黄さんへ向けられる。「私たちの生活を考えなくても勝手に堤防を壊してしまふなんて、ひどいやりかたです！」とつめやかな村民は、「ここから復旧作業を始めればいいのかわかりませんが、責任の重さを先送しです。早く普通の生活に戻れるよう頑張ります」と、黄さんは今日も村民の救済にあたる。

10歳を越える人口を擁する中園にとって、今回のような大洪水は国内の食糧不足に直結する。食糧自給率の低下を招くこの問題は、他国の食糧事情にも深刻な影響を及ぼしかねない。洪水から2か月後、村の水は引き始め、人々がテントから戻りだしてきて、荒れた田畑に歓声を上げる人、新たな仕事を始める人、それぞれ心には希望と不安が交錯する。復興が進む三洲鎮の100日間を辿る。

**洪氾制作者の話**  
取材をしていけば、聞いたのは、その復興のペースの遅さだ。洪水から2か月後の5月10日朝の取材は村は10分近く浸して、田畑は完全に水没。その間にライフラインが切断されて、食糧も乏しく、避難もままならなかった。その状況は、取材を通して伝えた。しかし、中には安定した生活のために復興を急ぐ人もいます。取材では、洪水を前に農業を始める準備をしたという人、自分の田舎を出てきたという人、自分の道を歩んでいきたいという人、自分の家を中心、三洲鎮の復興を促すという人もいます。



すべてを奪った洪水は憎いけれど……  
「暴れ竜」長江とともに  
生きる農民の闘い



「洪水を治めたものが国を治める」といわれるほど、中国は大河のはんらんに苦しめられてきた。世界第3位の長さを持つ中国最大の川・長江流域には約4億人もの人々が暮らしている。その川が去年8月以来の大雨で歴史的な高水位に達し、100年に一度の洪水に見舞われた。2億3000万人もの人々が被災、経済的にも国家予算の4分の1、およそ2642億円、日本円にして3兆9000億円もの損失を出した。中国有数の穀物生産地である流域一帯では、小麦や大豆、トウモロコシなどの農業被害も深刻化している。この洪水に、政府は延べ500万人の人民解放軍を派遣、堤防を守るために闘った。だが、濁流を鎮静化させるためにいくつもの農村が犠牲になったことはあまり知られていない。番組では、堤防を人為的に破壊して湖北省の大都市・武漢を守るために犠牲となった村・三洲鎮の復興と、そこで長江とともに生きる農民の姿を描いていく。



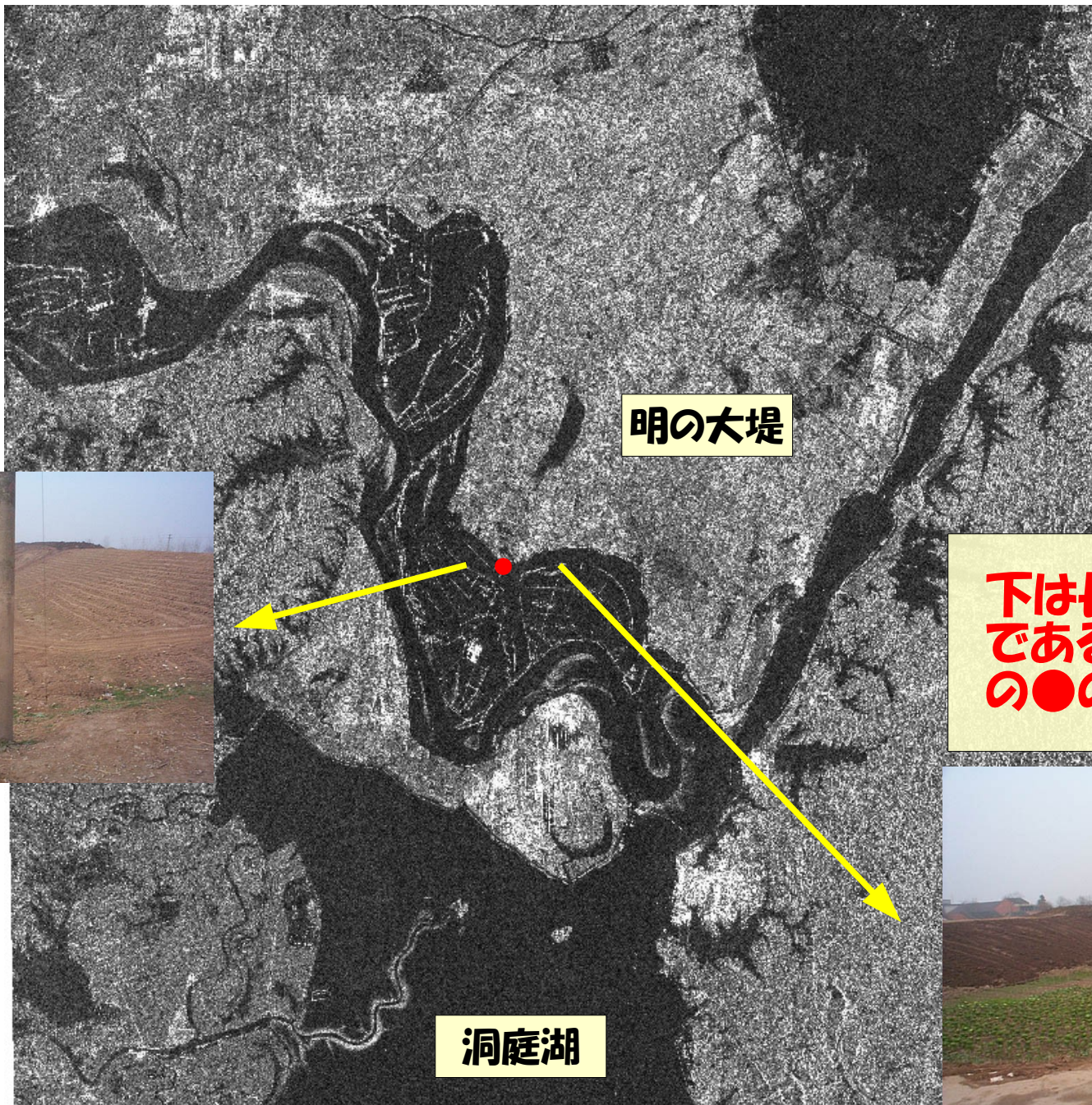
BS特選  
長江大洪水～復興100日の記録  
20日 朝9:00～10:00

★村さん一家。長男と長女は罹った際の小学校に疎開した。  
★避難先から自宅テントに移り、我が家が一番」と育さん一家。





# レーダー画像では湛水域がよくわかる



下は長江の本堤の写真であるが、左上の画像の●の位置



武漢



**ここは、最も多くの犠牲者を出した地域。武漢への水勢を緩和するため、わざと蛇行を残しておいた場所、やはり堤外地で破堤…人口問題？**

**98年長江洪水は決して未曾有の災害ではなかった**

**報道により、全世界に洪水の実態が知らされ、地球温暖化と関連づけられるようになった**



# ハリケーンカトリーナは何を教えたか

## Special Report

ハリケーン  
米南部に襲いかかった  
史上最大級の自然の脅威  
数々の現地報告から  
被害拡大の元凶を検証する

ジャズとカーニバルの都ニューオーリンズから陽気な調べは消えた。市内の8割が水没するという前代未聞の悲劇は天災かそれとも人災か。行政の対応が後手に回るなか、住民は濁流と無法地帯の恐怖に怯え、経済的被害も拡大した悪夢の1週間をドキュメントする。

決して突然の、予想外の事態ではなかった。ニューオーリンズ市議会のオリバー・トーマス議長がうつぶやいたのは、

8月28日の午後4時、すでにポンチャートレイン湖の水位は上がり、押し寄せる波がコンクリート堤防の下の土手をえぐっていた。超大型のハリケーン「カトリーナ」

ナ」がニューオーリンズを襲ったのはその14時間後だが、すでに海では潮位の上昇が始まっていた。トーマスは市のハリケーン対策室に戻り、みんなに言った。「今、水が市内に押し寄せてくる」

地元で生まれ育ったトーマスは、40年前の洪水で自宅の屋根に取り残された記憶がある。議員になってからも、水害対策に熱心に取り組んできた。だから洪水圏外の報告書が山積みされているのを知っていた。そして、愛する街を持つ使命感にも気づいていた。

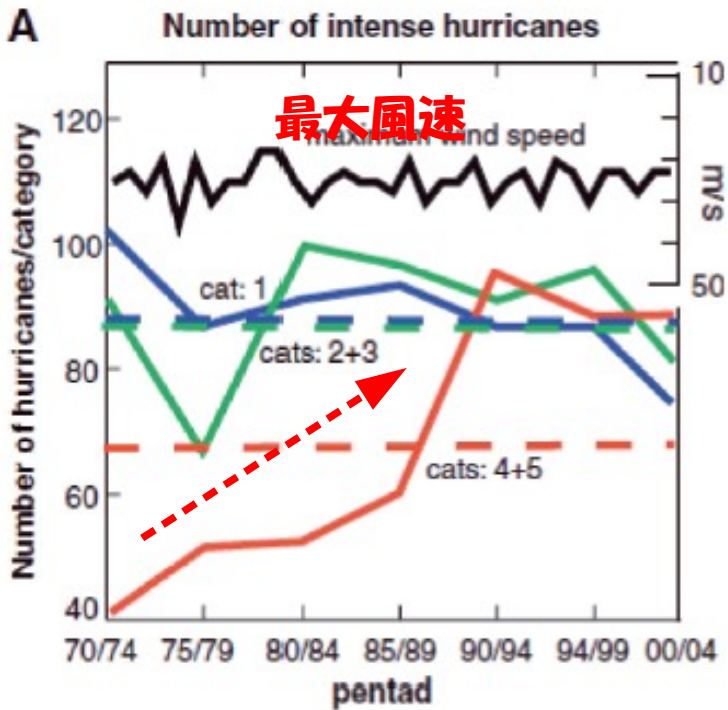
### 姿を変えたジャズの都

ニューオーリンズはほぼ全域が海面下にある。メキシコ湾岸に漂したときよりハリケーンの勢力は衰えたが、堤防の決壊で街は8割が水没した

The Last City

# そして街は水に沈んだ



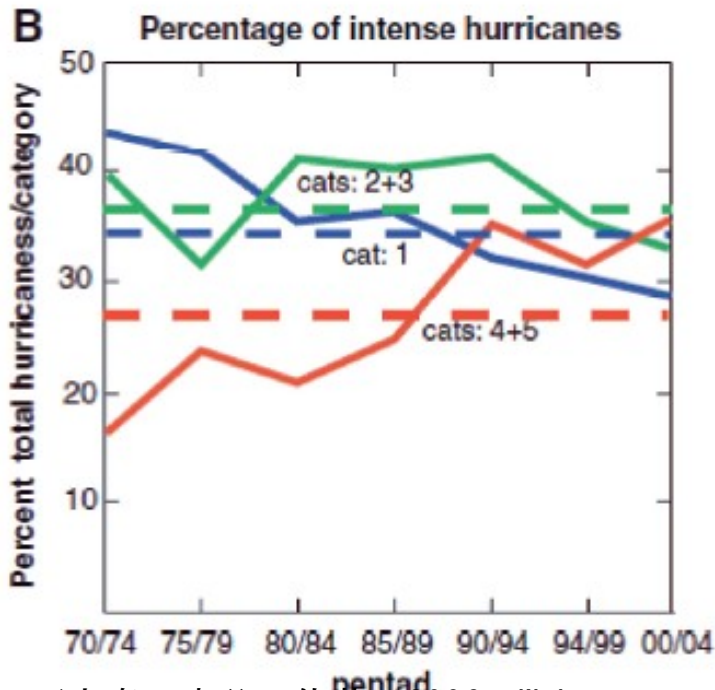


## 強烈なハリケーンは増えているのか？

80年代まで、カテゴリー4+5のハリケーンの数、割合は増えているが、最大風速は変わっていない  
(IPCCでは傾向は認められるとしている)

## なぜ、未曾有の災害になったか？

- 堤防が決壊したこと  
ただし、堤防はカテゴリー3が基準
- 続いて、ハリケーンリタが襲来



ルイジアナ州とミシシッピ州  
— 3つのEventがニューオリンズを襲った —

### 堤防決壊

8/23 8/25 8/28 8/29朝 8/29午後 9/18 9/21-22 9/24  
発生 FLに上陸 カテゴリー5 再上陸 (LA, MI) 堤防の決壊を認識 発生 避難 上陸

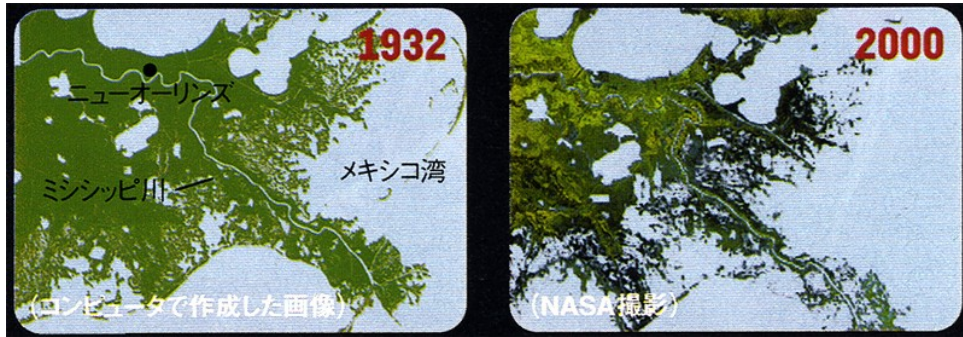
ルイジアナ州	想定外 Levee Breach	リタ Hurricane Rita
ミシシッピ州	Hurricane Katrina	

(大楽・水谷・佐藤、2006 ; Webster *et al.*, 2005)

(牧・林、2006)




 **ニューオーリンズは三角州（デルタ）の上に発達した都市**  
**土地の性質を知らなかった...**

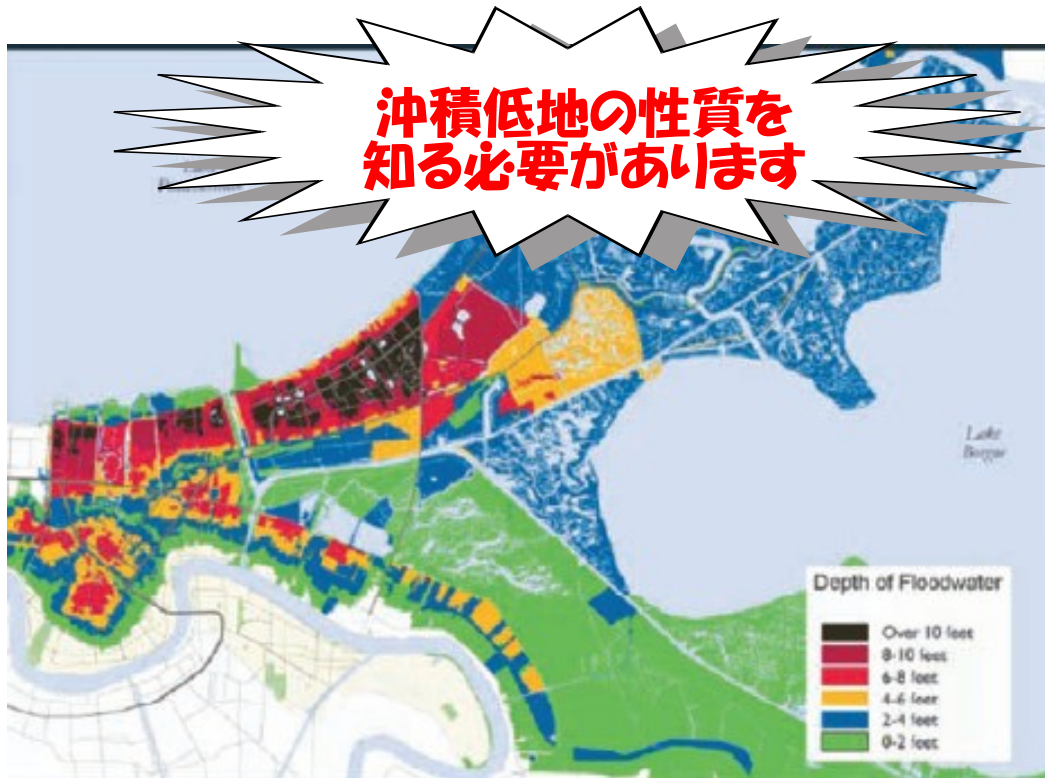


(ニューズウィーク日本版 2005. 9. 14)

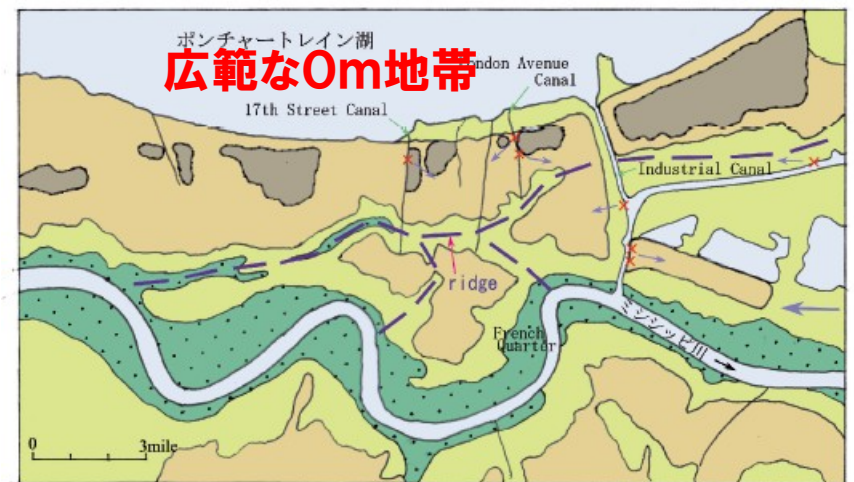




 自然堤防 台地 swamp marsh 0 20 mile

ミシシッピデルタの地形分類(上)と、地盤高分布(下) (水谷武司原図)



浸水深の分布(牧・林、2006)



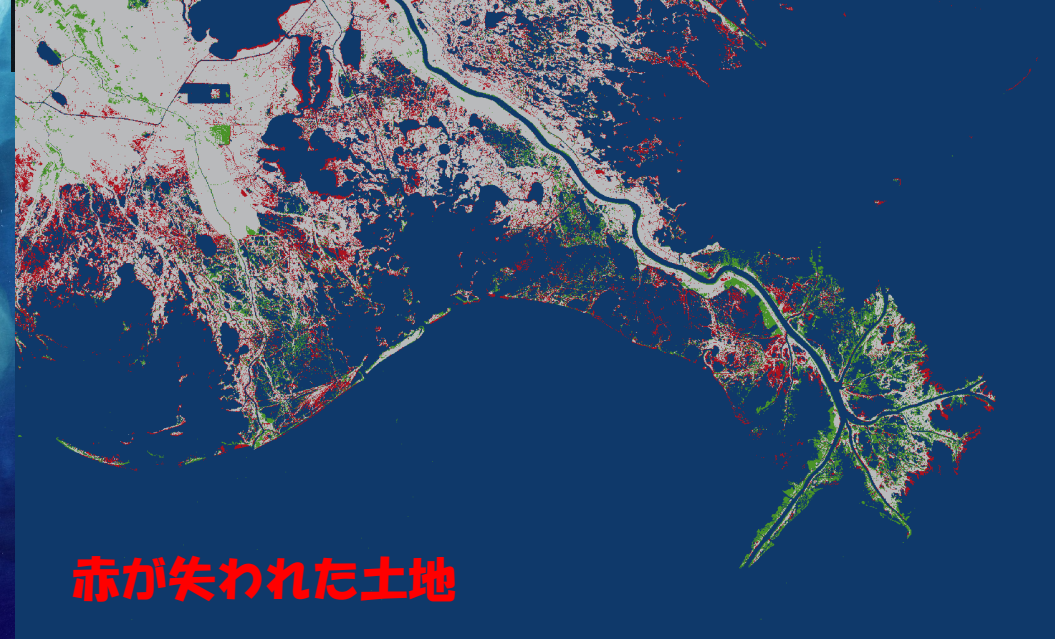
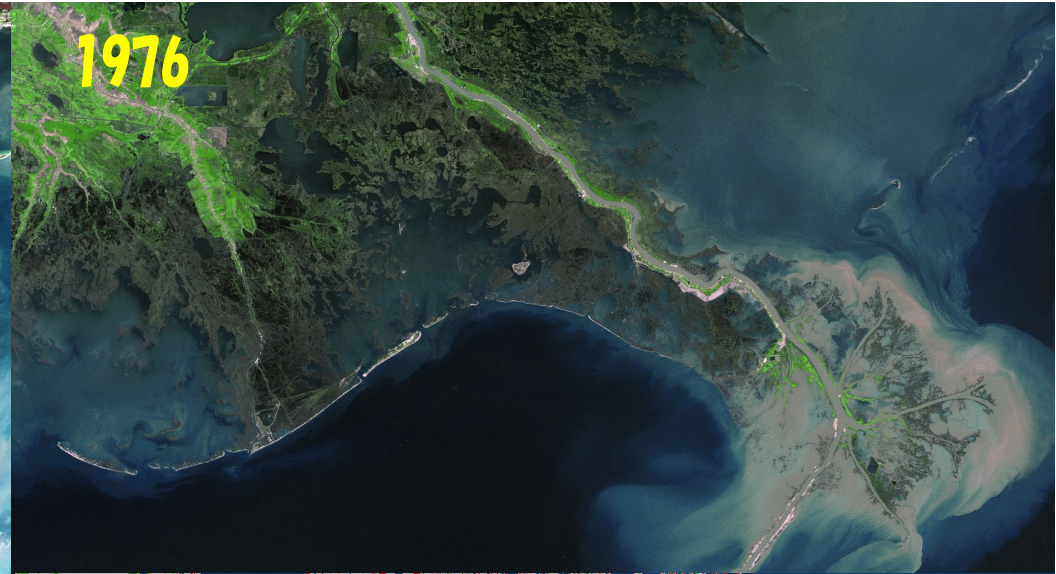

 5 feet 以上 0~5 feet -5~0 feet -5 feet 以下

(大楽・水谷・佐藤、2006)



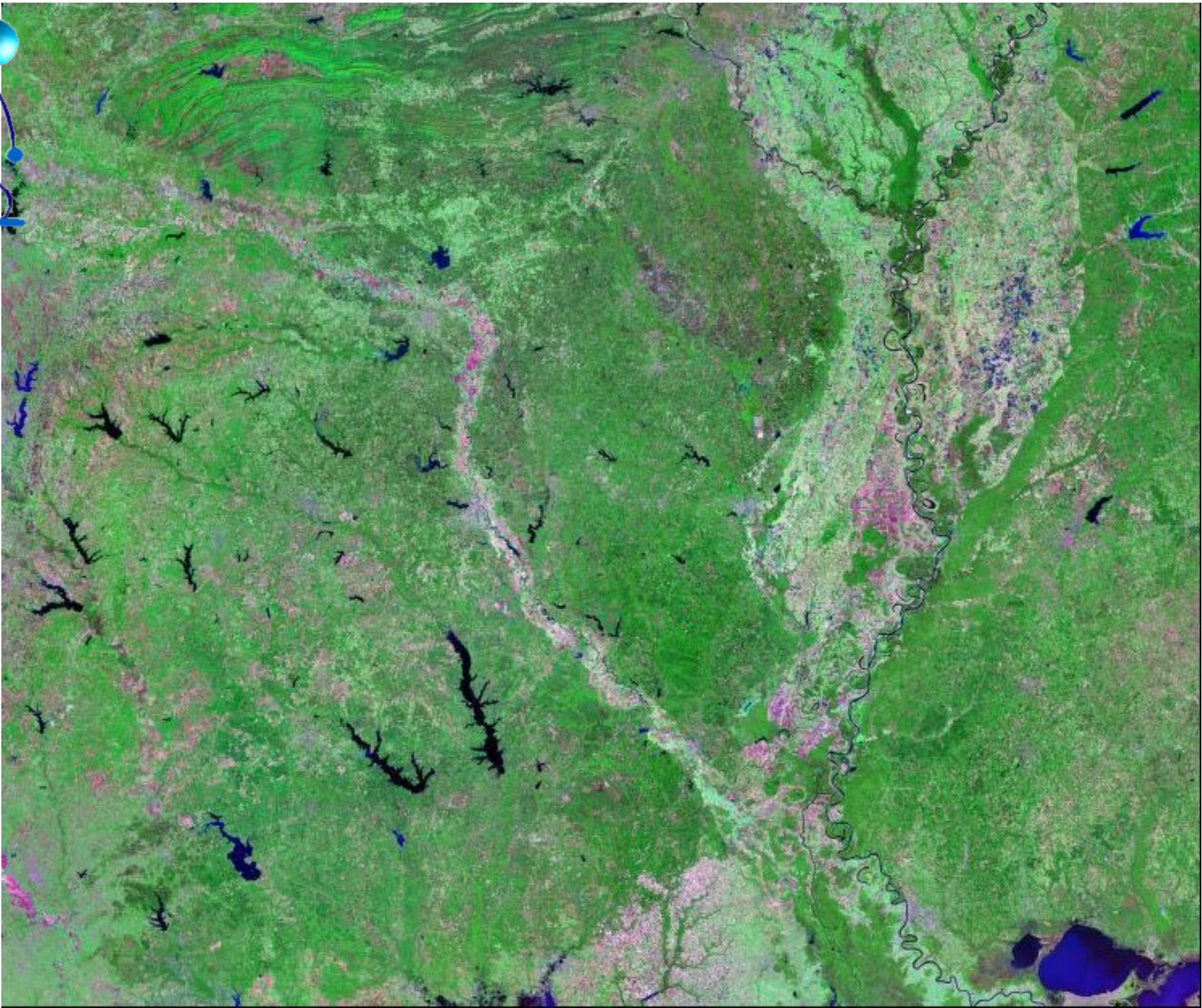
# ミシシッピデルタ 1976年と2001年

ミシシッピ川は大量の土砂を運ぶ 鳥状三角州  
上流に建設されたダムは川の運ぶ土砂を減少 海岸侵食



赤が失われた土地

# ワシントン湖のダム群



サイズは6度×5度



# 東京下町低地は怎么样了のか



(てこな、市川市HP)

## 東京湾の過去の海岸線

赤 : 6~8世紀  
緑 : 15世紀頃  
青 : 1600年頃  
紫 : 1880年  
黄 : 1945年

# 東京低地水域環境地形分類図

大矢雅彦ほか、「地形分類図の読み方・作り方」、古今書院、1998.

久保純子、東京低地水域環境地形分類図

**ビルに埋め尽くされた都会の下には、もとの地形が隠されており、災害時にはその性質を露わにする**

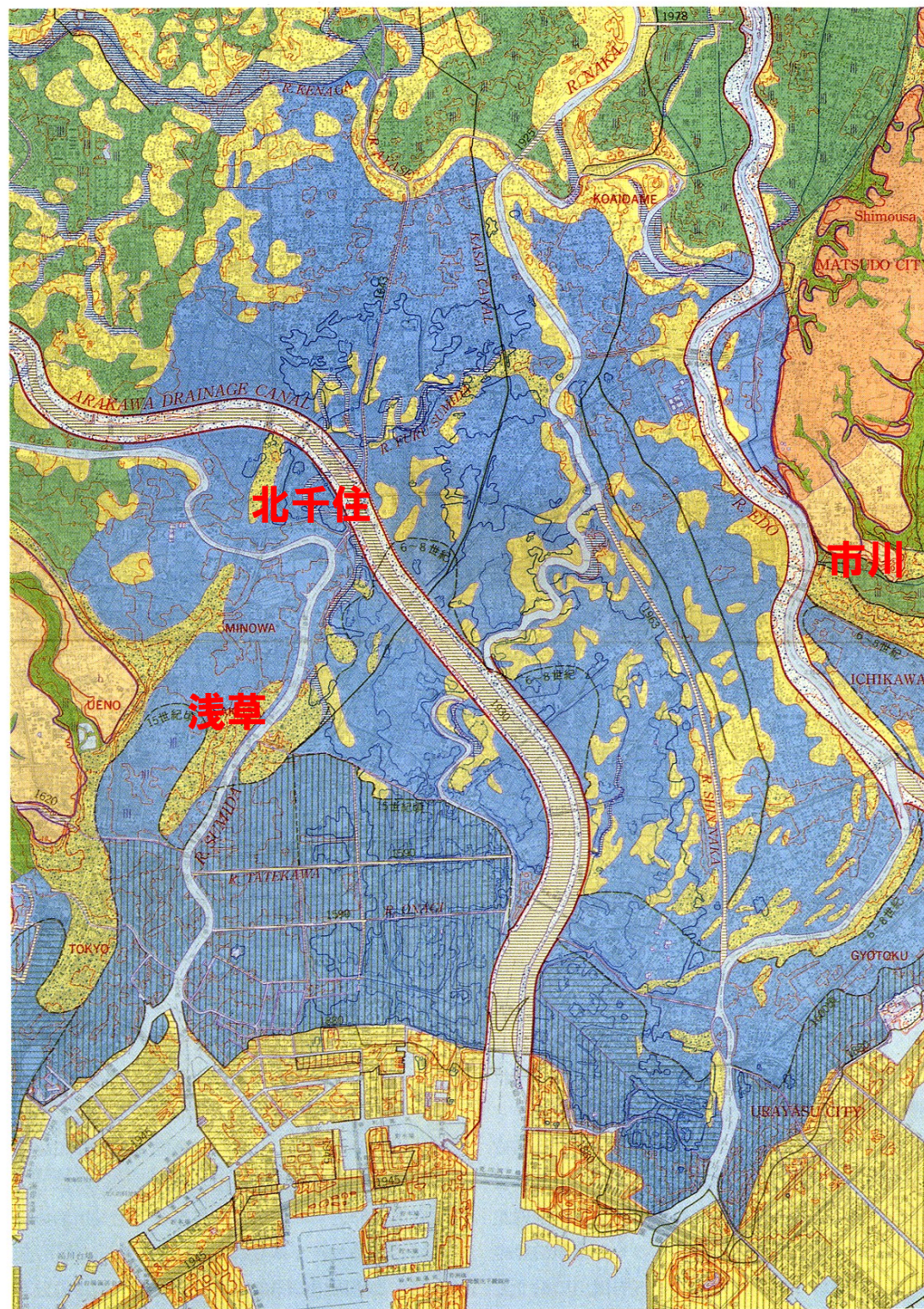
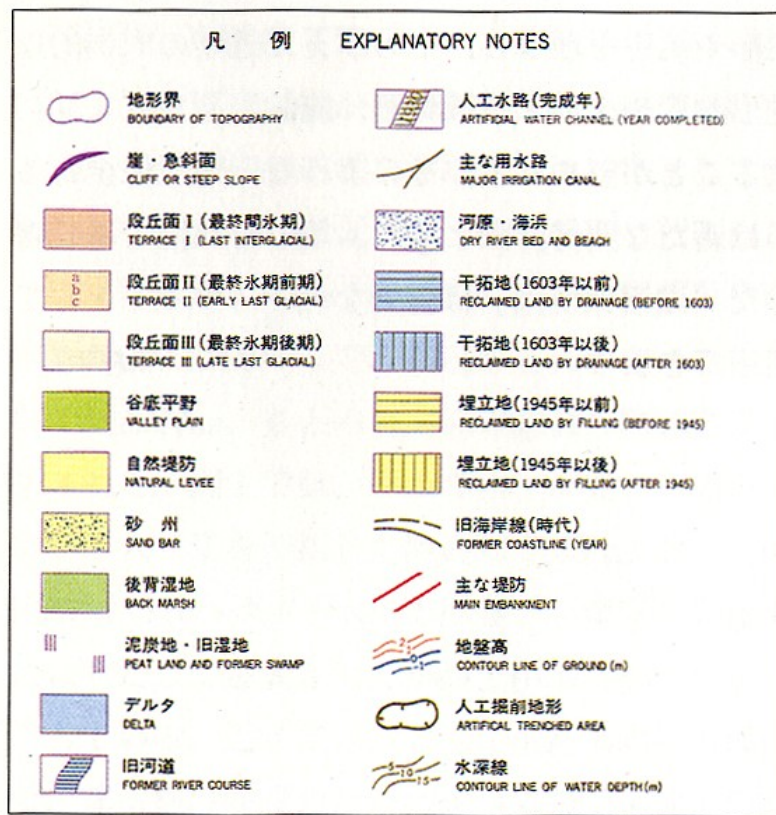
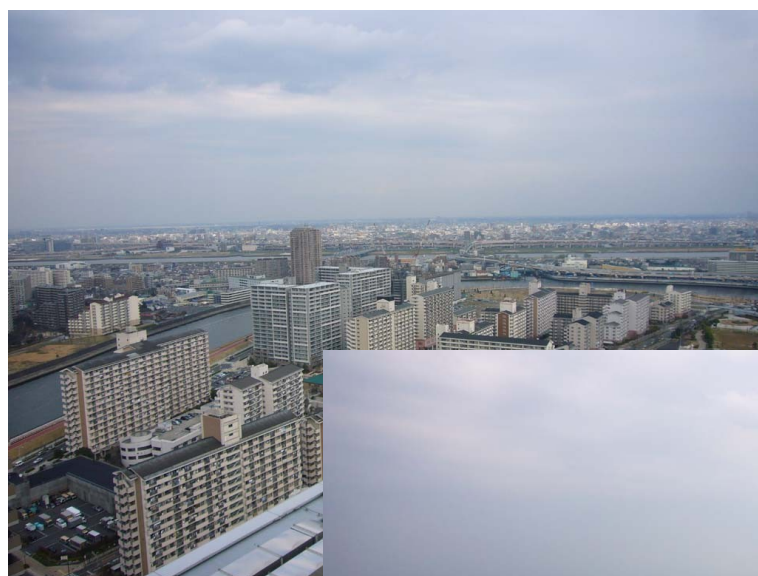


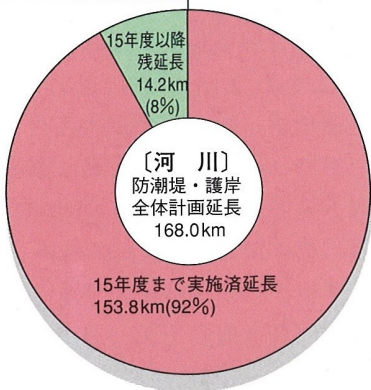
図1 東京低地水域環境地形分類図 (久保, 1993, 中心部分を50%に縮小)

# 生活基盤を維持するために様々な投資がなされている



白髭西地区市街地再開発事業（東京都再開発事務所）

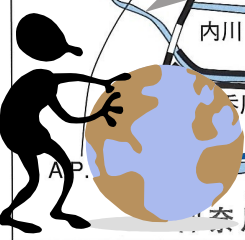
都市に住むということはどういうことか？  
コストをかけることができなくなったら？



## 高潮・防潮堤の配置状況(左)

## 水門と排水機場の配置状況(下)

(東京都江東治水事務所)



# 人と川の分断の回復



近藤昭彦@環境リモートセンシング研究センター